



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

Caracterització del cicle fenològic de 20 espècies de cítrics en condicions de clima Mediterrani i la seua relació amb la floració. Projecte per al control del cicle fenològic en condicions controlades.

Treball Fi de Grau

Grau en Enginyeria Agroalimentària i del Medi rural

AUTOR/A: Alonso López, Pedro Luís

Tutor/a: Mesejo Conejos, Carlos

Cotutor/a extern: Cervera Cervera, Antonio

CURS ACADÈMIC: 2023/2024

CARACTERITZACIÓ DEL CICLE FENOLÒGIC DE 20 ESPÈCIES DE CÍTRICS EN CONDICIONS DE CLIMA MEDITERRANI I LA SEUA RELACIÓ AMB LA FLORACIÓ. PROJECTE PER AL CONTROL DEL CICLE FENOLÒGIC EN CONDICIONS CONTROLADES.

Per Pedro Luis Alonso López

Tutoritzat per Carlos Mesejo Conejos

Cotutor: Antonio Cervera Cervera

El clima Mediterrani que es desenvolupa a la costa valenciana ha sigut idoni per al cultiu de cítrics des de fa més d'un segle, destacant les quatre espècies principals cultivades en Espanya: el taronger dolç [*Citrus sinensis* (L.)], el mandarí Clementí [*Citrus clementina* (Hort. ex Tan)], el llimoner [*Citrus limon* (L.)] i el pomelo [*Citrus paradisi* (Macf.)]. No obstant això, ha augmentat l'interès comercial d'altres espècies per al seu ús com a condiment alimentari, producció de mermelades, extracció d'olis essencials i metabòlits secundaris. En aquest treball es realitza un estudi fenològic de 20 espècies de cítrics, alternatives a les espècies habituals, correlacionant la floració de cadascuna amb les condicions ambientals. A més a més es dissenya un projecte per a poder cultivar espècies fora de temporada gràcies a l'ús de càmeres climàtiques, aprofitant així l'interès mostrat per la gastronomia "gourmet". Es realitza la construcció d'una nau, així com el disseny de les instal·lacions electrotècnica, de fontaneria i de sanejament necessàries per al correcte desenvolupament d'aquesta activitat. S'utilitza com espècie model el caviar cítric (*Microcitrus australasica*). El caviar cítric, així com moltes altres espècies, procedeixen de climes diversos com el subtropical humit o àrid, i es desconeix la influència que exerceix el clima Mediterrani en la seua floració i producció. Per tant, la caracterització fenològica de les 20 espècies de cítrics en condicions de clima Mediterrani, i la correlació amb els factors ambientals que promouen la floració, permetrà obtindre les dades necessàries per a controlar la floració en condicions controlades.

Paraules clau:

Citrus; inducció floral; temperatura; caviar cítric; *Microcitrus australasica*; canvi climàtic

València, setembre 2024

CARACTERIZACIÓN DEL CICLO FENOLÓGICO DE 20 ESPECIES DE CÍTRICOS EN CONDICIONES DE CLIMA MEDITERRANEO Y SU RELACIÓN CON LA FLORACIÓN. PROYECTO PARA EL CONTROL DEL CICLO FENOLÓGICO EN CONDICIONES CONTROLADAS

Por Pedro Luis Alonso López

Tutorizado por Carlos Mesejo Conejos

Cotutor: Antonio Cervera Cervera

El clima Mediterráneo que se desarrolla en la costa valenciana ha sido idóneo para el cultivo de cítricos desde hace más de un siglo, destacando las cuatro especies principales cultivadas en España: el naranjo dulce [*Citrus sinensis* (L.)], el mandarino Clementina [*Citrus clementina* (Huerto. ex Tan)], el limonero [*Citrus limon* (L.)] y el pomelo [*Citrus paradisi* (Macf.)]. Sin embargo, ha aumentado el interés comercial de otras especies para su uso como condimento alimentario, producción de mermeladas, extracción de aceites esenciales y metabolitos secundarios. En este trabajo se realiza un estudio fenológico de 20 especies de cítricos, alternativas a las especies habituales, correlacionando la floración de cada una con las condiciones ambientales. Además se diseña un proyecto para poder cultivar especies fuera de temporada gracias al uso de cámaras climáticas, aprovechando así el interés mostrado por la gastronomía "gourmet". Se realiza la construcción de una nave, así como el diseño de las instalaciones electrotécnica, de fontanería y de saneamiento necesarias para el correcto desarrollo de esta actividad. Se utiliza como especie modelo el caviar cítrico (*Microcitrus australasica*). El caviar cítrico, así como otras muchas especies, proceden de climas diversos como el subtropical húmedo o árido, y se desconoce la influencia que ejerce el clima Mediterráneo en su floración y producción. Por lo tanto, la caracterización fenológica de las 20 especies de cítricos en condiciones de clima Mediterráneo, y la correlación con los factores ambientales que promueven la floración, permitirá obtener los datos necesarios para controlar la floración en condiciones controladas.

Palabras clave:

Citrus; inducción floral; temperatura; caviar cítrico; *Microcitrus australasica*; cambio climático

València, septiembre 2024

CHARACTERISATION OF THE PHENOLOGICAL CYCLE OF 20 CITRUS SPECIES UNDER MEDITERRANEAN CLIMATE CONDITIONS AND ITS RELATIONSHIP WITH FLOWERING. PROJECT FOR THE CONTROL OF THE PHENOLOGICAL CYCLE UNDER CONTROLLED CONDITIONS

By Pedro Luis Alonso López

Tutored by Carlos Mesejo Conejos

Cotutor: Antonio Cervera Cervera

The Mediterranean climate that is developed on the Valencian coast has continued to be suitable for the cultivation of citrus fruits for more than a century, highlighting the four main species cultivated in Spain: sweet orange [*Citrus sinensis* (L.)], Clementina mandarin [*Citrus clementina* (Hort. ex Tan)], the lemon tree [*Citrus limon* (L.)] and the grapefruit [*Citrus paradisi* (Macf.)]. However, it has increased the commercial interest of other species for their use as food condiment, jam production, extraction of essential oils and secondary metabolism. In this project, a phenological study is carried out on 20 species of citrus, alternatives to the usual species, correlating the flowering of eachone with the environmental conditions. In addition, a project is being designed to be able to cultivate out-of-season species thanks to the use of climatic chambers, profiting from the interest shown in “gourmet” gastronomy. The construction of a shed is carried out, together with the design of the electrotechnical, plumbing and sanitation installations necessary for the correct development of this activity. As a model, is used the citrus caviar (*Microcitrus australasica*). Citrus caviar, together with many other species, comes from diverse climates such as the humid or arid subtropical, and the influence that the Mediterranean climate exerts on its flowering and production is unknown. Therefore, the phenological character of the 20 species of citrus in Mediterranean climate conditions, and the correlation with the environmental factors that promote flowering, will allow obtaining the necessary data to control flowering in controlled conditions.

Key words:

Citrus; floral induction; temperature; citrus caviar; *Microcitrus australasica*; climate change

València, September 2024

*Als que treballen la terra,
i als que la estudien per conèixer-la*

ÍNDEX

I. RESUM EXECUTIU.....	7
II. RELACIÓ DEL TREBALL AMB ELS ODS.....	8
III. MEMÒRIA	9
1. INTRODUCCIÓ	10
1.1 Origen i dispersió dels cítrics	10
1.2 Classificació botànica i agronòmica dels cítrics	10
1.3 Espècies principals i espècies alternatives. Noves oportunitats de mercat	13
1.4 Fenologia en clima Mediterrani	14
1.5 Inducció, diferenciació floral i floració	16
1.6 Objectius i justificació del projecte	18
2. ÀMBIT D'APLICACIÓ I DISSENY DEL PROJECTE	20
2.1 Descripció fenològica de 20 espècies cítriques	20
2.1.1 Espècies amb una floració en primavera.....	22
2.1.2 Espècies amb una floració fora de primavera.....	22
2.1.3 Espècies amb més d'una floració.....	23
2.1.4 Espècies amb floració constant	24
2.2 Anàlisi climàtic: tendència dels últims 22 anys i correlació entre floració i condicions ambientals de l'any	25
2.3 Cultiu de <i>Microcitrus australasica</i> en càmeres climàtiques	31
2.4 Disseny	33
2.4.1 Construcció d'una nau d'estructura metàl·lica	33
2.4.2 Instal·lació electrotècnica.....	34
2.4.3 Instal·lació de fontaneria.....	38
2.4.4 Xarxa de sanejament.....	38
3. FACTIBILITAT E IMPACTE DEL PROJECTE. VALORACIÓ ECONÒMICA	40
3.1 Pla econòmic.....	40
3.2 Impacte, alternatives i propostes de futur	41
4. BIBLIOGRAFIA.....	42
IV. PLÀNOLS	44
V. ANNEXOS	62

I. RESUM EXECUTIU

EXECUTIVE SUMMARY:

To comply with ABET student outcomes 1 (complex engineering problems) and 2 (engineering design), the B.Sc. Thesis in Agricultural Engineering must include the following concepts in the text, properly justified and discussed, focused on the field of Agricultural Engineering.

RESUMEN EJECUTIVO:

Para cumplir con las competencias ABET 1 (problemas complejos de ingeniería) y 2 (diseño de ingeniería) del estudiantado, el Trabajo Final de Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural debe incluir los siguientes conceptos, debidamente justificados y discutidos, centrados en el ámbito de la Ingeniería Agroalimentaria.

CONCEPT (ABET)	CONCEPTO (ABET)	¿Cumple? (S/N)	¿Dónde? (página/s)
1. IDENTIFY:	1. IDENTIFICAR:		
1.1. Problem statement and opportunity	1.1. Planteamiento del problema y oportunidad	SÍ	11 16-17
1.2. Constraints (standards, codes, needs, requirements & specifications)	1.2. Restricciones (normas, códigos, necesidades, requisitos y especificaciones)	SÍ	31-37
1.3. Setting of goals	1.3. Establecimiento de objetivos	SÍ	16-17
2. FORMULATE:	2. FORMULAR:		
2.1. Creative solution generation (analysis)	2.1. Generación de soluciones creativas (análisis)	SÍ	29-30
2.2. Evaluation of multiple solutions and decision-making (synthesis)	2.2. Evaluación de múltiples soluciones y toma de decisiones (síntesis)	SÍ	29-39
3. SOLVE:	3. RESOLVER:		
3.1. Fulfilment of goals	3.1. Cumplimiento de objetivos	SÍ	38-39
3.2. Overall impact and significance (contributions and practical recommendations)	3.2. Impacto global y alcance (contribuciones y recomendaciones prácticas)	SÍ	39

El texto incluido en la columna derecha debe incluir referencias a los epígrafes más significativos de la memoria en que son desarrollados esos aspectos del TFG.

II. RELACIÓ DEL TREBALL AMB ELS ODS

- A. Indicar el grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. Fin de la pobreza				X
ODS 2. Hambre cero				X
ODS 3. Salud y bienestar		X		
ODS 4. Educación de calidad				X
ODS 5. Igualdad de género				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento				X
ODS 7. Energía asequible y no contaminante				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico				X
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras				X
ODS 10. Reducción de las desigualdades				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles				X
ODS 12. Producción y consumo responsables				X
ODS 13. Acción por el clima	X			
ODS 14. Vida submarina				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres		X		
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

- B. Describir brevemente la alineación del TFG con los ODS, marcados en la tabla anterior, con un grado alto.

En aquest treball s'analitza com el canvi climàtic pot afectar a l'agricultura, fent especial anàlisi en l'efecte sobre la inducció floral dels cítrics i en si aquesta pot presentar problemes. S'estudia com han evolucionat factors meteorològics en les dos dècades que portem de segle XXI a partir de les dades proporcionades per l'estació SiAR de Gandia – Marxuquera, el que ens permet donar una imatge general del que ocorre al territori valencià i altres zones de clima Mediterrani.

III. MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Origen i dispersió dels cítrics

L'origen dels cítrics ha provocat l'existència de diferents teories, hipòtesis controvertides que estableixen l'origen en Egipte o Mesopotàmia degut a l'aparició de pintures i obres en temples d'aquesta zona que van donar pas a la pròpia existència humana. Però els estudis més recents conclouen que els cítrics provenen de l'Àsia Oriental, concretament en les regions tropicals i subtropicals del sud-est asiàtic i l'arxipèlag Malai (Wu et al.,2018). L'escrit més antic que es conserva prové de la Xina en el segle V a.C, el *Llibre de la Història*. Des d'ací es van desplaçar a la resta de continents a través de rutes comercials com la Ruta de la Seda.

La majoria d'espècies del gènere *Citrus* són probablement híbrids directes o successius de les principals espècies ancestrals: *Citrus medica* L. (cidre), *C. reticulata* (mandarina), *C. maxima* (Burm) Merr. (zamboia) i *C. micranta* Wester (papeda) (Wu et al.,2018).

El cidre és el primer cítric conegut a Europa. Va arribar en el segle IV a.C a través dels grecs, però no és fins al segle V quan arriba a les Illes Balears gràcies al comerç mediterrani amb la Península Itàlica. El taronger amarg (*C. aurantium*) i el llimoner (*C. limon*) entraren a Europa en el segle XI a través de Al-Àndalus i procedents d'Àràbia. Sobre el taronger dolç (*C. sinensis* L.) no se sap realment quan va arribar ni a Europa ni a Espanya, ja que no existeix cap referència fins al segle XVI. La mandarina (*C. reticulata*) i el pomelo (*C. paradisi* Macf.) van ser els últims en arribar a Espanya, en el segle XIX i XX respectivament, gràcies a la importació valenciana (Agustí et al, 2023).

Hui en dia, podem trobar cítrics cultivats en la major part de regions tropicals i subtropicals del món, sent Brasil el major productor del món seguit de la Conca Mediterrània, del qual Espanya és el líder productiu i exportador.

En Espanya, la Comunitat Valenciana lidera la producció i la superfície cultivada de taronger i mandarina, seguida d'Andalusia i Múrcia. En quant al llimoner i al pomelo és Múrcia la regió més destacada (Agustí et al, 2023).

1.2 Classificació botànica i agronòmica dels cítrics

Taxonòmicament, els cítrics pertanyen a la família *Rutaceae* i a la subfamília *Aurantioideae*. Dins d'èsta trobem dos tribus diferenciades morfològicament, *Clausteneae* i *Citreae*, i aquesta última conté la subtribu amb els cítrics cultivats i amb interès comercial: *Citrinae*.

Entre els gèneres que formen la subtribu *Citrinae*, podem destacar 6 coneguts com "cítrics veritables": *Clymenia*, *Citrus*, *Eremocitrus*, *Poncirus*, *Fortunella* i *Microcitrus*. Però només *Citrus*, *Fortunella* i *Poncirus* es cultiven.

El gènere *Poncirus* posseeix l'única espècie cítrica de fulla caduca, *P. trifoliata*. Té grans espines i el fruit és amarg. S'utilitza habitualment com a patró.

Al gènere *Fortunella* trobem els kumquats, uns fruits molt xicotets, del tamany d'una anou i amb la pell dolça i comestible. Les quatre espècies que formen el gènere són arbres de caràcter arbustiu, *F. margarita*, *F. japonica*, *F. polyandra* i *F. hindsii*.

El gènere *Citrus* és agronòmicament el més important. Constitueix la producció mundial de fruita fresca i per a la indústria. Podem fer una classificació basant-nos únicament en el caràcter agronòmic i en com estan comunament conegudes aquestes espècies:

- Taronges dolces:
 - *C. sinensis*
 - Grup navel
 - Grup blanques
 - Grup sanguines
- Mandarines:
 - *C. reticulata*
 - *C. unshiu*
 - *C. clementina*
 - Mandarins híbrids
 - 2n
 - 3n
 - Mutacions per irradiació
- Llimons:
 - *C. limon*
- Pomelos:
 - *C. paradisi*
- Llimes:
 - *C. aurantifolia*
- Espècies per a patrons:
 - *P. trifoliata*
 - *C. aurantium* (taronger amarg)
 - *C. reshni*
 - *C. macrophylla*
 - Híbrids
 - 2n
 - Citrange Carrizo
 - Citrumelo
 - 4n
- Espècies ornamentals.

La classificació botànica del gènere *Citrus* és més complexa. Existeixen dues classificacions principals, la de Swingle (1948) i la de Tanaka (1961).

La classificació de Swingle ens és molt pràctica per a diferenciar les espècies comestibles (*Eucitrus*) de les no comestibles (*Papeda*).

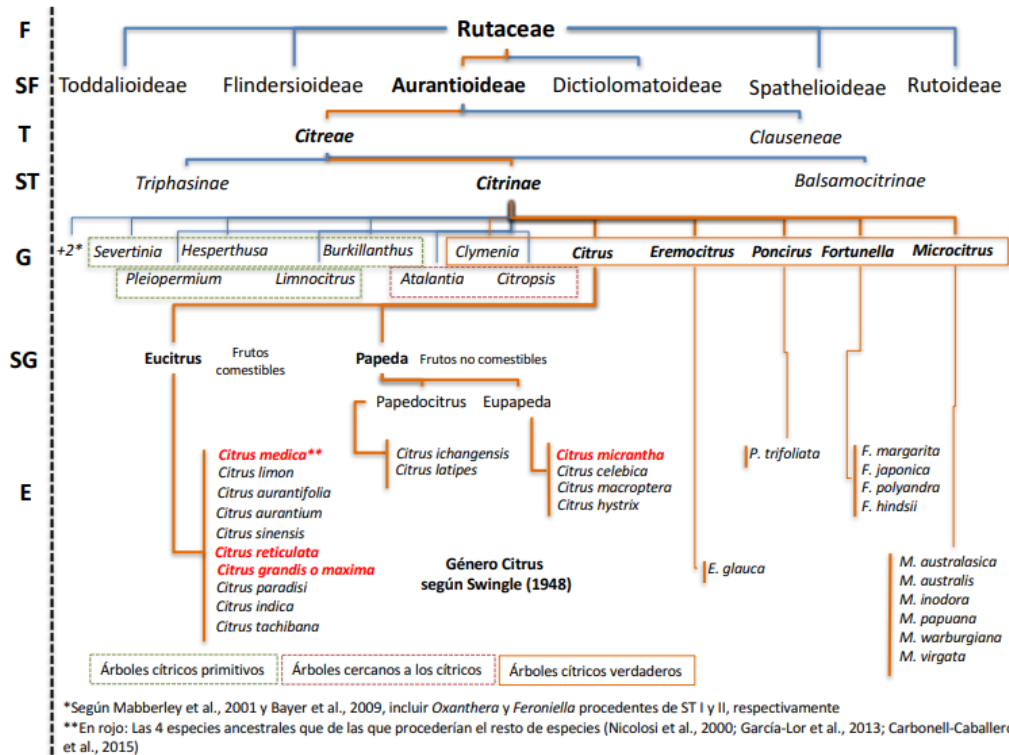


Fig. 1 Classificació botànica dels cítrics de Swingle (Agustí et al, 2023)

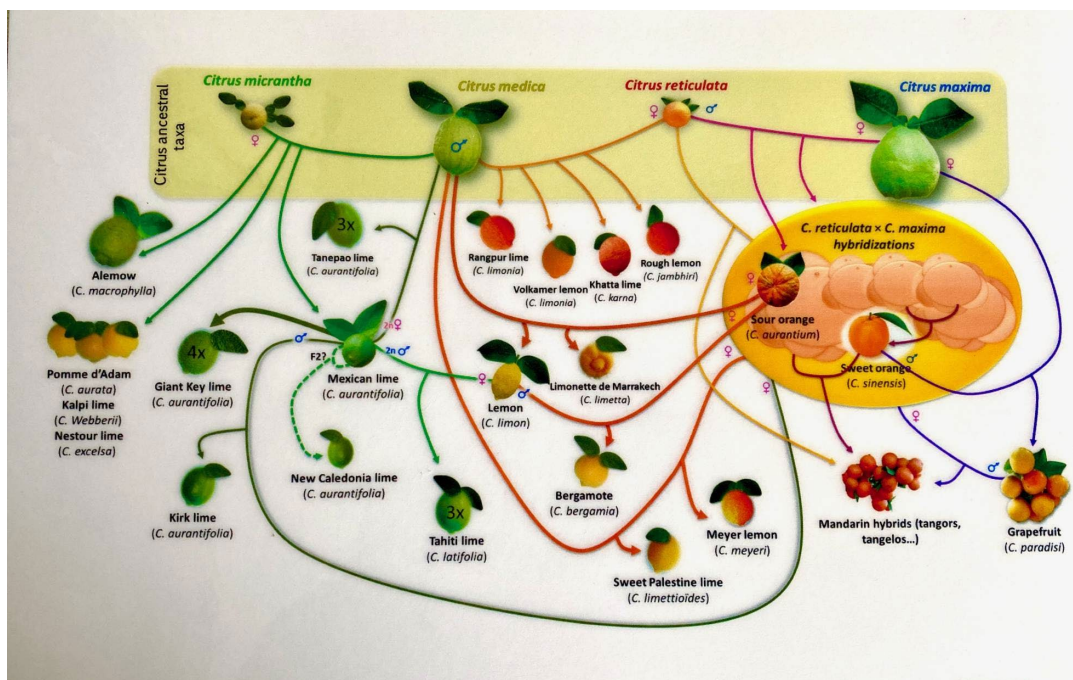


Fig. 2 Origen genètic de les principals espècies de cítrics (Luro et al, 2017)

Com ja s'ha mencionat anteriorment, el cidre, la mandarina, la zamboa i la papeda (marcats en roig en la Figura 1) són els quatre cítrics ancestrals a partir dels quals es van desenvolupar la resta d'espècies, entre elles les considerades com a espècies secundàries: el taronger (dolç i amarg), les clementines, el llimó i les llimes.

A partir de la mandarina i la zamboa (*C. reticulata* x *C. maxima*) sorgiren el taronger amarg (*C. aurantium*) i el taronger dolç (*C. sinensis*). Aquest últim junt a la zamboa (*C. sinensis* x *C. maxima*)

van donar lloc al pomelo (*C. paradisi*). Els llimons (*C. limon*) són fruit del creuament entre cidre i taronger amarg (*C. medica* x *C. aurantium*), i junt a la papeda (*C. limon* x *C. micrantha*) originaren les llimes (*C. aurantifolia*). Les clementines (*C. clementina*) sorgiren a partir del creuament entre mandarina i taronger dolç (*C. reticulata* x *C. sinensis*) (Wu et al.,2018).

1.3 Espècies principals i espècies alternatives. Noves oportunitats de mercat

Si considerem l'ús comercial dels cítrics, trobem unes espècies principals que destaquen per damunt de la resta: el taronger dolç (*C. sinensis*), el mandariner (*C. reticulata*), el llimoner (*C. limon*) i el pomelo (*C. paradisi*). Són consumits tant en fresc com per a indústria.

Segons dades del Ministeri d'Exterior del Govern d'Espanya, el valor d'exportació dels cítrics espanyols durant la campanya 2022-2023 ha sigut de 3'047 milions de tones, les quals corresponen a 3500 milions d'euros. El taronger dolç és el líder amb 1.286.809 Tn. Li segueix el grup de "xicotets cítrics" on s'agrupen clemetines, satsumes, tangerines i els seus híbrids, amb 1.089.301 Tn. En tercera posició trobem els llimons amb 603.709 Tn exportades, seguits finalment pels pomelos amb 67.678 Tn.

Per altra banda trobem algunes espècies amb un valor essencial com a patrons. Destaquen el citrange Carrizo (*C. sinensis* x *P. trifoliata*), el taronger amarg (*C. aurantium*), el mandariner Cleopatra (*C. reshni*) i el *C. macrophylla*. El citrange Carrizo i el mandariner Cleopatra es convertiren en els patrons principals per a taronger i mandariner respectivament després de la irrupció del virus de la tristesa dels cítrics a final de la dècada de 1950. El taronger amarg, que sí que es sensible a aquesta malaltia, era anteriorment el més utilitzat. El *C. macrophylla* per la seua banda, encara que és sensible a la tristesa, és el més utilitzat en llimoner per les seues característiques com a patró (Ancillo y Medina, 2014).

A més d'aquestes, en els últims anys s'ha pogut observar un increment en el consum d'altres espècies influenciades per l'auge d'una gastronomia allunyada de la tradicional, on adquireix un valor afegit el sorprendre al consumidor amb productes que desconeix. En aquest context és on adquireix importància l'estudi del cultiu d'espècies cítriques noves en el nostre territori, ja que la seua implantació pot esdevenir un nou impuls per al sector tant per al consum en fresc com en indústria per a l'elaboració de melmelades, sucs, còctels, xarops... Podem destacar el grup de les llimes (*C. aurantifolia* o *C. latifolia*), el grup de les papedes (*C. hystrix* o *C. macroptera*), el caviar cítric (*Microcitrus australasica*), la zamboa (*C. maxima*), el cidre (*C. medica*) o altres espècies que no pertanyen al gènere *Citrus* com el grup dels kumquats i els seus híbrids (gènere *Fortunella*), *Eremocitrus glauca*, *Clausena lansium* o *Aegle marmelos*.

Altres sectors d'especial interès són el de la perfumeria i la cosmètica, el qual aprofita l'extracció d'olis essencials d'espècies com *C. micrantha*, *C. bergamia* o *C. aurantium* per a la fabricació de xampús, perfums, cremes, locions d'afaitat...

Finalment cal destacar el valor ornamental de moltes espècies cítriques com *C. madurensis*, *C. depressa* o *Murraya paniculata*, les quals poden ser també altra bona alternativa de mercat.

No obstant això, el cultiu dels cítrics es marcadament estacional. Les espècies dels principals cítrics comercials les podem trobar disponibles per al consum des de setembre fins a maig, però

cadascuna de les varietats no sol estar al mercat més d'un parell de mesos, fet que obliga als agricultors a tindre una diversificació de cultius si volen obtenir beneficis escalonats.

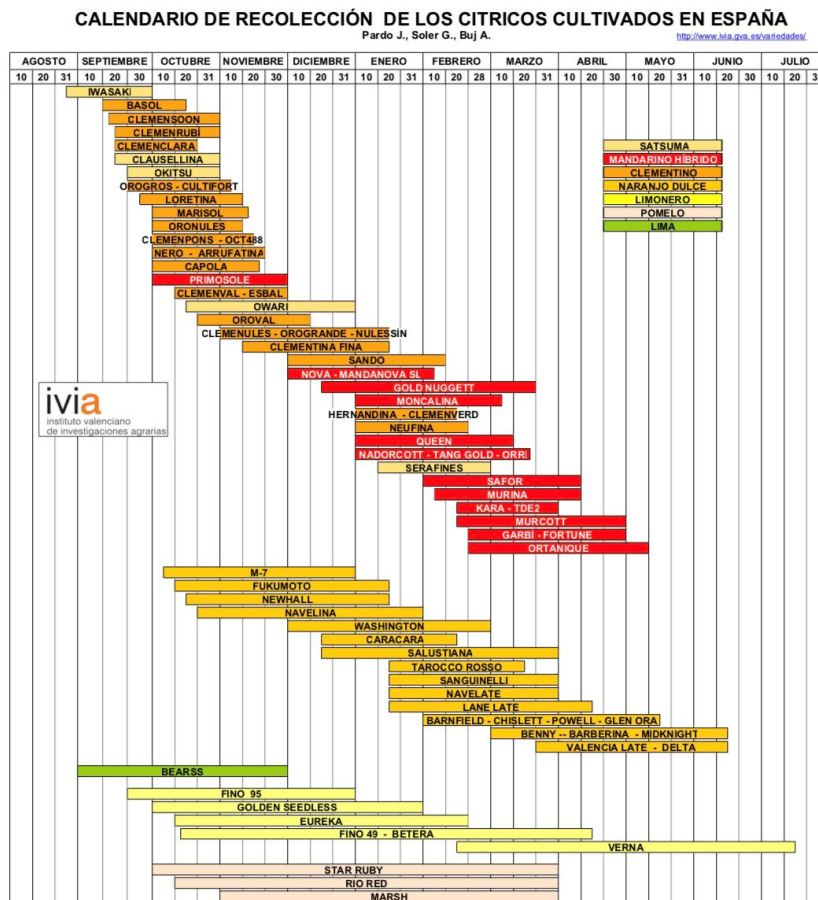


Fig. 3 Calendari de recol·lecció dels cítrics (Agustí et al, 2023)

1.4 Fenologia en clima Mediterrani

Els cítrics alternen l'activitat vegetativa amb períodes de repòs. A les principals espècies en cultiu (taronger, mandariner i llimoner) es poden distingir 3 brotades principals: primaveral (març-abril), estival (juny-juliol) i tardorenca (setembre-octubre). Els brots poden ser vegetatius, florals o mixtes. La brotada de primavera és la que desenvolupa, sobre fusta de l'any anterior, les flors útils que fructificaran. Les altres dues són brotades exclusivament vegetatives, excepte al llimoner què és una espècie refloreicient. Sobre els brots vegetatius es formen les flors de la primavera següent, amb més precocitat i abundància a les gemmes de la brotada tardorenca, seguida de la estival i per últim la primaveral. La descripció del cicle fenològic d'altres espècies cítriques al clima Mediterrani és un dels objectius d'aquest treball.

Les causes que promouen la brotada no estan clares, ja que les gemmes poden brotar en qualsevol època de l'any que supere els 12°C-15°C sense existir requeriments de fred. Per baix d'aquesta temperatura, el creixement es deté i l'arbre entra en latència. Els dies de fotoperíode llarg provoquen una reducció del període entre brotades (Agustí et al, 2023).

La intensitat de la latència varia molt depenent de la espècie i dels factors ambientals, els quals influeixen en el balanç hormonal i la mobilització de reserves. Les condicions del clima Mediterrani fan que en la nostra zona la latència es limite a un alentiment metabòlic, mentre que en zones tropicals es produeix de manera més pronunciada. Cal destacar el cas del *Poncirus trifoliata*, i alguns dels seus híbrids, que perden les fulles en la latència (Ancillo y Medina, 2014).

En els cítrics, els fruits es poden desenvolupar a partir de la pol·linització i fecundació dels òvuls o partenocàrpicament. Aquests últims són els més apreciats pel mercat, ja que no contenen llavors. La partenocàrpia es produeix de forma natural deguda a la esterilitat gamètica (incapacitat de produir òvuls o pol·len fèrtil) i a la incompatibilitat genètica. Es regula a partir de factors genètics, el que fa que hi hagen espècies i varietats més propenses al desenvolupament partenocàrpic dels fruits. Però les condicions ambientals poden influenciar el percentatge de fruits quallats, amb independència de la seua capacitat de partenocàrpia natural.

Una vegada el fruit ha quallat, podem distingir 3 fases en el desenvolupament del fruit (Figura 4):

- **Fase I - Creixement exponencial del fruit (primavera):** la divisió cel·lular provoca un ràpid creixement del fruit, especialment del exocarpi i del mesocarpi. Este període abasta des de l'antesi fins al final de la caiguda fisiològica dels fruits (abril-juny).
- **Fase II - Creixement lineal del fruit (estiu):** la duració d'aquest període és el que crea la diferència entre varietats primerenques (setembre-octubre) i tardanes (a partir de gener del següent any). Dura fins als moments abans al canvi de color, el que pot significar 2 o 3 mesos en algunes espècies o fins a 5 o 6 en altres. Les cèl·lules es fan més grans, expandint-se d'aquesta manera els teixits. A més, el mesocarpi es fa esponjós i el contingut de suc augmenta notablement.
- **Fase III – Maduració (tardor-hivern):** en aquesta fase trobem el canvi de pigmentació degut a la síntesi de carotenoides i a la degradació de clorofil·la, fins a adquirir la tonalitat característica de la varietat. També augmenta el contingut de sòlids solubles i disminueixen els àcids.

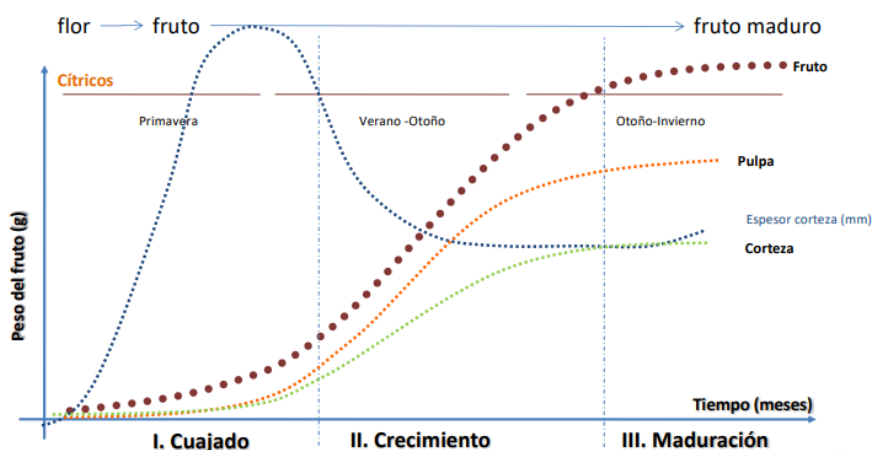


Fig. 4 Evolució del desenvolupament del fruit (Agustí et al, 2023)

1.5 Inducció, diferenciació floral i floració

Quan una gemma es troba en repòs, parlem de que està indiferenciada. Una vegada és apta per a diferenciar-se, pot fer-ho com a gemma vegetativa i produir un brot vegetatiu o fer-ho com a gemma floral i produir un botó floral. La aptitud per a diferenciar-se és el que anomenem **inducció floral**, i es deu a factors endògens i exògens, els quals provocaran que les cèl·lules meristemàtiques desenvolupen les estructures corresponents a inflorescències o a brots vegetatius al sintetitzar noves proteïnes. En cítrics, la inducció es produeix durant la latència, i són les fulles els òrgans receptors de la senyal inductora. Els events de transició entre creixement vegetatiu i constitució de inflorescències és el que anomenem **diferenciació floral**.

Entre els factors endògens d'inducció, cal destacar el gen *Flowering Locus T* (FT). Codifica una proteïna soluble directament relacionada amb la promoció de la floració. Durant el final del segle XX, molts gens relacionats amb la floració han sigut identificats en *Arabidopsis thaliana*, una brassicàcia que ha sigut el pilar d'investigació genètic sobre la floració de (Nishikawa et al., 2007). Posteriorment, gens homòlegs als FT han sigut identificats en cítrics com la mandarina Satsuma, la primera on s'ha estudiat la inducció floral (Nishikawa et al., 2007).

La expressió del gen *CiFT3*, responsable de la inducció floral en cítrics (Nishikawa et al., 2007), varia segons el moment del cicle fenològic, a més de per la espècie. Durant la fase juvenil de l'arbre, fins als 3-5 anys d'edat, aquest no és capaç de florir. Però s'ha demostrat que no és per la falta de presència de l'expressió del gen FT durant aquest període (Muñoz-Fambuena et al., 2019). El màxim moment d'expressió del gen coincideix, com és de esperar, amb el període d'inducció floral. En el mandariner Satsuma (gènere *Citrus*) el trobem durant el final de la tardor i l'hivern, mentre que en *Poncirus* i en *Fortunella* ho fa al final de la primavera (Figura 5). Es desconeix la seua evolució en llimoner i altres espècies cítriques.

	spring	summer	fall	winter	spring
Satsuma mandarin (<i>Citrus unshiu</i>)	Flush		Floral induction	Evocation	Bloom Flush
Trifoliolate orange (<i>Poncirus trifoliata</i>)	Flush	Floral induction	Evocation		Evocation Bloom Flush
Kumquat (<i>Fortunella</i>)	Flush	Floral induction	Evocation	Bloom	

Fig. 5 Diferència estacional en la inducció floral entre *Citrus*, *Poncirus* i *Fortunella* (Nishikawa et al, 2013)

Les fitohormones també tenen un pes important en la regulació endògena de la floració. Les gibberel·lines (GA) redueixen la floració i l'expressió del gen FT quan s'apliquen durant el període d'inducció floral, pel contrari, els inhibidors de la síntesi de GA han demostrat ser capaços de afavorir-la (Guardiola et al., 1981; Muñoz-Fambuena et al., 2012).

En quant als factors exògens, n'hi ha dos essencials: la **baixa temperatura** i l'**estrès hídric**. En clima Mediterrani són les baixes temperatures del final de la tardor i l'hivern les que indueixen la floració, mentre que a les zones tropicals on no hi ha grans variacions climàtiques és l'estrès hídric el factor inductor. Les temperatures superiors a 25°C mantenen l'activitat vegetativa en l'arbre inhibint la floració. Per a demostrar l'eficàcia d'estos factors s'ha exposat la mandarina Satsuma a 15°C durant mes i mig (Nishikawa et al., 2007), i el taronger dolç i s'ha cultivat amb un

estrès hídric de -2MPa durant 60 dies (Chica i Albrigo, 2013). En aquestes condicions s'ha vist induïda la floració i ha augmentat la expressió del gen *FT*.

Una elevada producció i una recol·lecció tardana dels fruits també tenen un important efecte sobre la expressió del gen *FT*, i afectarà a la collita de l'any següent. S'ha demostrat que en els casos on la producció ha sigut molt elevada o la collita ha sigut més tard mantenint-se el fruit en l'arbre més temps de l'òptim, s'ha produït una disminució en la expressió del gen *FT* (Muñoz-Fambuena et al., 2011). Este és un dels motius pel qual existeix **alternança de collites** en els cítrics, és a dir, un any molt productiu provocarà la que inhibició de la floració de l'any següent i es formaran menys fruits. Es desconeix el senyal que el fruit produeix per tal d'inhibir la floració. Les hipòtesis més acceptades són el balanç de carbohidrats (una producció excessiva esgotarà les reserves per al pròxim any) i la producció i transport d'hormones (gibberel·lines o auxines) (Goldschmidt i Sadka, 2021).

Com a síntesi d'aquest punt, es pot concloure que és més correcte parlar de factors que impedeixen o obstaculitzen la inducció i la diferenciació floral que parlar de factors que la promouen. Si un cítric es cultiva seguint el seu cicle natural, en unes condicions ambientals favorables entre les quals entra una època hivernal de fred o una estació seca, aquest arbre desenvoluparà correctament la floració, ja que totes les seues gemmes estan capacitades per a brotar i florir. Si pel contrari l'arbre es troba en condicions que li puguin suposar un problema, com una elevada temperatura, un nivell de gibberel·lines endogen (o exogen en cas d'una mala pràctica agronòmica) elevat, poca quantitat de fulles, etc. Aleshores serà quan l'arbre detinga el seu procés de floració natural (*Figura 6*).

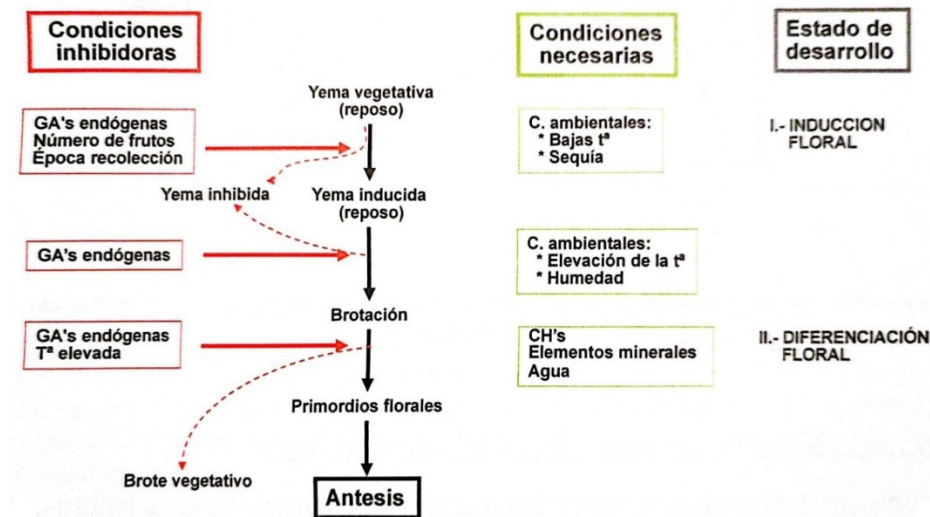


Fig. 1 Factores inhibidores de la floració (Agustí et al, 2023)

1.6 Objectius i justificació del projecte

En aquest treball s'analitza com s'adapten al clima Mediterrani una sèrie d'espècies de cítrics alternatives a les espècies principals cultivades. Aquestes espècies, procedents de zones molt distintes del món, tenen una fenologia característica en el seu clima originari. L'objectiu principal del treball és, per tant, caracteritzar els canvis deguts a l'ambient Mediterrani i aprofitar-los agronòmicament. Centrarem l'estudi principalment en la floració i els factors que la indueixen. S'estudia si la inducció es produeix per baixes temperatures com és habitual al clima Mediterrani o si participen altres factors. També s'estudia el desenvolupament de la diferenciació floral i inclús el nombre de floracions que es produeixen, ja que hi ha algunes d'aquestes espècies que floreixen més d'una vegada o altres que estan en floració constant durant tot l'any.

Les 20 espècies que seran objecte d'estudi en aquest treball són:

ESPÈCIES ANCESTRALS:

1. Cidre rugós (*Citrus medica*)
2. Papeda de fruit xicotet (*Citrus micrantha*)
3. Pummelo - Zamboa Chandler (*Citrus maxima*)
4. Mandarí Clemendor (*Citrus deliciosa*)

ESPÈCIES D'INTERÉS AGRONÒMIC:

5. Taronger dolç Navelina (*Citrus sinensis*)
6. Satsuma Bartolí (*Citrus unshui*)
7. Pomelo Star Ruby (*Citrus paradisi*)
8. Llima Persa – Llima Tahití (*Citrus latifolia*)
9. Taronger amarg Foetífera (*Citrus aurantium*)
10. Llima mexicana (*Citrus aurantifolia*)
11. Kumquat Oval – Nagami (*Fortunella margarita*)
12. Clementina Hernandina (*Citrus clementina*)
13. Taronger trifoliat (*Poncirus trifoliata*)
14. Llimoner Verna (*Citrus limon*)
15. Caviar cítric - Llima dit australiana (*Microcitrus australasica*)

HÍBRIDS D'INTERÉS AGRONÒMIC:

16. Citrange Rusk (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*)
17. Limequat Eustis (*Citrus aurantifolia* x *Fortunella japonica*)
18. Citrangequat ([*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*] x *Fortunella* spp.)

ALTRES ESPÈCIES D'INTERÉS:

19. Cidre "Mà de Buda" (*Citrus medica* cv. *Sarcodactylis*)
20. Taronger Boj de la Xina (*Severinia buxifolia*)

Per altra banda, l'augment de les temperatures en els últims anys ens porta a la pregunta de si la inducció floral dels cítrics deguda a les baixes temperatures de l'hivern mediterrani està en perill, i si es així, quines alternatives tenim. També resulta d'interès agronòmic establir floracions d'algunes espècies alternatives.

Per això, en aquest treball, i amb les dades arreplegades a l'estudi fenològic, es creen ambients tancats amb les característiques climàtiques necessàries per a realitzar cicles complets d'espècies de cítrics alternatives, utilitzant com a exemple *Microcitrus australasica*, més conegut com "caviar cítric". A les càmeres es produiran baixes temperatures i un fotoperíode curt per a que es done a terme la inducció, i posteriorment s'establiran temperatures més elevades i fotoperíode llarg per al desenvolupament de la brotada, la floració i el creixement dels fruits.

Aquesta espècie ha adquirit molta importància en els últims anys degut a la tendència al seu ús en la gastronomia *gourmet*. Són molts els restaurants que reclamen aquest producte tant com a simple decoració en plats degut a la seua cridanera i desconeguda aparença, com pel seu ús de guarnició especialment amb peixos, marisc o mol·luscos. A més, el seu suc destaca per no mesclar-se amb el plat fins que no s'esclata en la boca, fet que sorprèn molt als comensals. Els restaurants de sushi, per exemple, són un dels principals demandants del caviar, així com les cocteleries que l'utilitzen per a decorar dins de les begudes.

El problema del comerç de *M. australasica*, igual que tantes altres espècies, és la seua estacionalitat. La seua collita es realitza en la tardor, al voltant del mes de setembre, sense cap tipus de benefici econòmic durant la resta de l'any. Per aquest motiu, en aquest treball es produirà caviar cítric fora de temporada utilitzant els climes artificials generats, podent realitzar fins a tres cicles de cultiu en un any i augmentant així els nostres beneficis.

2. ÀMBIT D'APLICACIÓ I DISSENY DEL PROJECTE

2.1 Descripció fenològica de 20 espècies cítriques

En aquest projecte, s'ha realitzat el seguiment d'un cicle fenològic sencer de les espècies indicades anteriorment, des de febrer de 2023 fins a febrer de 2024. L'estudi s'ha volgut centrar en la seua floració i en els factors que provoquen la inducció floral, destacant les diferències entre elles.

La majoria d'espècies estudiades, com hem indicat anteriorment, no es cultiven tradicionalment a la nostra zona o s'utilitzen com a patrons, de manera que no és habitual poder observar la part aèria de l'arbre en un camp. És el cas del taronger amarg (*C. aurantium*) i *Poncirus trifoliata* i els seus híbrids. No obstant això, hem inclòs en l'estudi algunes que sí que es coneix bé el seu comportament en el clima Mediterrani per a poder utilitzar-les com a arbres de referència, com és el cas del taronger dolç Navelina (*C. sinensis*), el mandarí Clementina Hernandina (*C. clementina*) i el llimoner Verna (*C. limon*). D'aquesta manera podem usar-los com a model en el cas de possibles retardaments o avançaments en el cicle fenològic.

Com a criteri de diferenciació, hem utilitzat la floració per a classificar les espècies en els següents grups (*Taula 1*):

1. Espècies amb una floració en primavera.
2. Espècies amb una floració fora de primavera.
3. Espècies amb més d'una floració.
4. Espècies amb floració constant.

En l'*Annex I "Fenologia d'espècies cítriques: imatges i esdeveniments"* es poden observar amb deteniment els cicles fenològics que a continuació anem a descriure.

Per altra banda, en l'*Annex II "Descripció del medi físic: climatologia, geologia i edafologia"*, es troben detallades les dades climàtiques emprades per a explicar la fenologia de les espècies.

En la *Taula 1* podem observar una comparativa de la floració de les 20 espècies:

- Blau: grup 1
- Taronja: grup 2
- Verd: grup 3 (diferents tonalitats per a cada floració)
- Roig: grup 4

Ja que també és de gran utilitat agronòmica el coneixement de quan es produeixen les brotades vegetatives de cada espècie, encara que la classificació d'aquest estudi siga segons les floracions, en la *Taula 2* podem observar la comparació del moment d'inici de les brotades que s'explicaran a continuació. En una tonalitat de verd s'indica la brotada primaveral, en altra l'estival i en altra la tardorenca. El color blau s'usa en els casos on es produeix una brotada addicional.

	Ge	Fe	Mr	Ab	Mg	Jn	Jl	Ag	St	Oc	Nv	Ds
Pummelo			■	■								
Mandarí Clemendor			■	■								
Taronger dolç			■	■								
Satsuma			■	■								
Pomelo			■	■								
Taronger amarg			■	■								
Clementina			■	■								
Taronger trifoliat			■									
Caviar cítric			■	■								
Kumquat				■	■	■	■	■				
Limequat				■	■	■	■	■	■	■		
Citrangquat				■	■	■	■	■	■	■		
Taronger Boj						■	■	■	■			
Papeda				■	■	■		■	■			
Llima persa				■	■	■		■	■			
Llima mexicana		■	■	■	■	■		■	■			
Llimoner			■	■	■	■		■	■			
Citrange			■	■	■	■		■	■			
Cidre rugós	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cidre "Mà de Buda"	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Taula 1 Data de floració de 20 espècies de cítrics cultivades en condicions de Clima Mediterrani. La finca està situada al terme municipal de Palmera (València). Els colors Blau, Taronja, Verd (diferents tonalitats per a cada floració) i Roig fan referència al quatre grups observats segons el seu comportament.

	Ge	Fe	Mr	Ab	Mg	Jn	Jl	Ag	St	Oc	Nv	Ds
Pummelo		●				●		●				
Mandarí Clemendor			●				●	●				
Taronger dolç		●			●			●				
Satsuma			●				●		●			
Pomelo			●				●	●				
Taronger amarg		●				●			●			
Clementina			●			●			●			
Taronger trifoliat			●				●		●			
Caviar cítric				●		●		●				
Kumquat			●			●						
Limequat			●		●			●				
Citrangquat		●						●	●			
Taronger Boj				●			●					
Papeda			●			●		●		●		
Llima persa			●				●	●				
Llima mexicana		●			●				●			
Llimoner			●		●			●				
Citrange		●				●						
Cidre rugós			●		●			●				
Cidre "Mà de Buda"		●				●		●				●

Taula 2 Data d'inici de les brotades vegetatives de 20 espècies de cítrics cultivades en condicions de Clima Mediterrani. La finca està situada al terme municipal de Palmera (València). Els colors Verd (diferents tonalitats per a cada brotada) i Blau fan referència a les diferents brotades. Els noms en Roig indiquen les espècies amb una brotada menys de l'habitual, mentre que els noms en Blau indiquen les espècies amb una brotada més.

2.1.1 Espècies amb una floració en primavera

En aquest grup trobem les següents espècies:

- Pummelo - Zamboa Chandler (*Citrus maxima*)
- Mandarí Clemendor (*Citrus deliciosa*)
- Taronger dolç Navelina (*Citrus sinensis*)
- Satsuma Bartolí (*Citrus unshui*)
- Pomelo Star Ruby (*Citrus paradisi*)
- Taronger amarg Foetífera (*Citrus aurantium*)
- Clementina Hernandina (*Citrus clementina*)
- Taronger trifoliat (*Poncirus trifoliata*)
- Caviar cítric - Llima dit australiana (*Microcitrus australasica*)

Aquestes espècies segueixen el model clàssic dels cítrics que més coneguem, com la Navelina i les Clementines. Totes elles fan una única floració en primavera, entre els mesos de març i abril. Esta floració ha sigut induïda per les baixes temperatures, inferiors a 15°C, que han començat a acumular a partir del mes de novembre (Nishikawa et al., 2007; Muñoz-Fambuena et al., 2011). Una vegada s'ha induït la floració i les temperatures s'han incrementat (arribant fins a 32,76°C de màxima en març de 2023), els arbres han florit sense cap impediment.

Totes estes espècies han produït també tres brotades, és a dir, exclusivament vegetatives, en primavera, estiu i tardor (aquesta última començant a final d'agost en la majoria de casos), com és habitual en els cítrics, destacant el cas de *Poncirus trifoliata* que és caducifoli i comença a perdre les fulles en setembre. Per altra banda, els fruits s'han desenvolupat correctament i totes les espècies han tingut una producció que va arribar a la maduració.

2.1.2 Espècies amb una floració fora de primavera

Les espècies d'aquest grup són:

- Kumquat Oval – Nagami (*Fortunella margarita*)
- Limequat Eustis (*Citrus aurantifolia* x *Fortunella japonica*)
- Citrangequat ([*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*] x *Fortunella* spp.)
- Taronger Boj de la Xina (*Severinia buxifolia*)

El primer aspecte a destacar d'aquest grup és que cap de les espècies pertany purament al gènere *Citrus*. Tenint en compte la classificació botànica de Swingle (*Figura 1*), trobem el gènere *Severinia* i el gènere *Fortunella* i els seus híbrids. El primer pertany al grup cítrics ancestrals mentre que el segon pertany al grup cítrics vertaders. És un factor que marca molt la importància dels caràcters endògens de la floració, ja que probablement el fet de que aquesta siga més tardana o més llarga és deu a les diferències genètiques amb el gènere *Citrus*.

En aquest grup podem diferenciar per una banda les espècies que sí que comencen a florir en primavera però no detenen la floració fins a la tardor, i per altra banda espècies que comencen a florir en estiu. En els primers trobem el citrangequat i el limequat, els quals inicien la floració en abril i l'acaben en setembre i octubre respectivament. En els segons estan el kumquat, amb floració de juny a agost, i el boj que ho fa de juliol a setembre.

Podem afirmar que per a estes espècies no és cap impediment per a florir les elevades temperatures d'estiu, les quals van arribar a màximes de 43°C al mes d'agost. Segons estudis previs, el Kumquat activa la inducció floral, a través de l'expressió del gen FT, als mesos de juny i juliol (Nishikawa et al., 2013). Es desconeix el senyal que promou aquesta inducció, i que, a la vista dels resultats es transmet als seus híbrids.

Cal destacar també que les quatre espècies produeixen un fruit d'un tamany molt més xicotet que les del grup 1, i que necessita menys temps per a realitzar el seu desenvolupament. Encara que la floració haja començat més tard, podem observar fruits ja madurs als arbres abans d'acabar l'any.

En quant a les brotades, mentre que el citrangequat i el limequat produeixen marcadament les brotades primaveral, estival i tardorenca com en les espècies del grup 1, al kumquat i al boj és més difícil de separar-les per estacions, ja que podem observar brots joves en diferents moments de l'any. A més a més, el citrangequat (híbrid de *Poncirus trifoliata*) comença a perdre fulles en el mes d'octubre, encara que no les perd totes com *P. trifoliata*.

2.1.3 Espècies amb més d'una floració

En este grup s'inclouen:

- Papeda de fruit xicotet (*Citrus micrantha*)
- Llima Persa – Llima Tahití (*Citrus latifolia*)
- Llima mexicana (*Citrus aurantifolia*)
- Llimoner Verna (*Citrus limon*)
- Citrange Rusk (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*)

Aquestes espècies són reflorescents, és a dir, que produeixen més d'una floració en un mateix cicle, encara que no totes prosperen donant lloc al quallat d'un fruit.

Com a model d'aquest grup podem establir el *C. limon*, espècie cultivada tradicionalment a la nostra zona i que per tant coneguem bé el seu comportament fenològic. El llimoner floreix en primavera (març-abril), estiu (maig-juny) i tardor (setembre), però aquesta última floració tardorenca prospera amb més dificultat, en funció, probablement de la pol·linització. És el mateix cas de *C. micrantha* i de *C. aurantifolia*, encara que la segona comença la floració primaveral abans (febrer).

El fet de que la última floració no prospere no es pot deure a la temperatura perquè la primaveral té temperatures més baixes i sí que ho fa i la estival les té més elevades i també fructifica. De la mateixa manera, la precipitació en el període de floració estival i en el tardorenc també ha sigut similar, per tant no ha pogut ser un factor diferencial. L'únic factor climàtic que és clarament més elevat a setembre es la humitat relativa, arribant a valors mitjans de 82,26%, però no podem afirmar que la no prosperació siga per aquest motiu o degut a factors endògens. Com indiquen estudis previs, la qualitat del pol·len de la llimera es variable segons l'època de floració (Crescimano et al., 1988), la qual cosa pot influir el quallat de la flor.

Per altra banda, la llima persa i el citrange no presenten la floració de setembre com les altres espècies del grup, sinó que realitzen una floració primaveral (en abril i en març respectivament) i altra estival (juny). A més a més, el citrange és l'únic d'aquest grup on la floració de juny no

prospera i per tant es queda amb una única floració fructífera primaveral, com les espècies del grup 1. En aquest cas sí que podria ser que el quallat no fructifiqui degut a les elevades temperatures del mes de juny, les quals arribaren a 37°C de màxima.

En este grup podem concloure que la inducció s'ha produït també per les baixes temperatures de l'hivern, donant lloc a la floració principal de primavera. Les gemmes tenen la capacitat de diferenciar-se amb temperatures superiors als 20°C com ocorre en primavera, però no es detenen fins a que no s'adquireixen valors massa elevats com els que es donen en juliol i agost (amb màximes de 39°C i 43°C respectivament). La floració de setembre pot ser induïda per l'estrès hídric de l'estiu, que també activa l'expressió del gen FT, responsable de la inducció floral (Chica i Albrigo, 2013). Quan en setembre tornen a baixar les temperatures, similars a les de juny, la floració continua però sense arribar a quallar els fruits.

Els fruits produïts a les floracions primaverals i estivals, es desenvolupen sense cap problema i arriben a la maduració en totes les espècies d'aquest grup. En quant a les brotades, cal destacar que la papeda i el citrange no s'adapten a la pauta habitual: la papeda realitza una brotada més durant l'hivern, mentre que al citrange podem observar brots joves a la primavera i a l'estiu. La resta d'espècies del grup sí que produeixen les brotades habituals de primavera, estiu i tardor.

2.1.4 Espècies amb floració constant

En aquest grup només trobem una espècie, el *Citrus medica*. Les dos varietats estudiades presenten un comportament similar:

- Cidre rugós (*Citrus medica*)
- Cidre "Mà de Buda" (*Citrus medica* cv. *Sarcodactylis*)

El cidre "Mà de Buda" ha estat florint tot l'any. Encara que ha hagut èpoques amb més o menys càrrega floral, en tots els mesos hem pogut observar com a mínim els botons florals, independentment de les condicions climàtiques. Ens trobem per tant davant d'una espècie que o bé ignora els senyals habituals del clima Mediterrani per a florir, o bé té menys requeriments. Hem pogut observar la presència de flors tant en els dies més calorosos de l'any com en els més freds.

El cidre rugós per la seua banda, ha presentat una floració més intermitent. Hem pogut observar la presència de flors des de desembre fins a juny i, després d'una parada estival, ha tornat a florir en setembre. Aquesta varietat sí que ha vist inhibida la seua floració en els moments més calorosos de l'any, en els mesos de juliol i agost. A més a més, igual que a les espècies del grup 3, en el cidre no ha prosperat la floració de setembre.

El fet de que el cidre comence a florir en desembre ens permet afirmar que té la capacitat de diferenciar-se amb temperatures més baixes, sense el requeriment dels 20°C primaverals. També és possible que necessite menys quantitat d'hores sota 15°C per a provocar la inducció que altres cítrics, ja que l'única etapa de l'any on ha pogut adquirir les hores fred són en els mesos de octubre i novembre. Però considerant que al mes d'octubre no s'han acumulat hores fred i en novembre només 28h, estaríem parlant d'un requeriment molt baix.

Altra possibilitat que explicaria també el mecanisme d'inducció floral del "Mà de Buda" és que aquesta espècie siga molt sensible a l'estrès hídric i tinga la capacitat de induir la floració amb modificacions lleus de l'estat hídric.

En quant al quallat i el desenvolupament dels fruits, hem pogut observar que aquells que s'han desenvolupat correctament fins a la maduració són els provinents de flors d'entre la primavera i estiu. Les flors posteriors al mes de setembre no han prosperat ni en el cidre rugós ni en el "Mà de Buda".

Les brotades de les dos varietats han seguit la estacionalitat habitual, però en el "Mà de Buda" a més s'ha produït una quarta brotada hivernal, com ocorria en el *C. micrantha*.

2.2 Anàlisi climàtic: tendència dels últims 22 anys i correlació entre floració i condicions ambientals de l'any

En la última dècada les dades climàtiques a l'àrea Mediterrània han adquirit valors de rècord, especialment l'augment de les temperatures mitjanes i màximes, la sequera i l'increment d'episodis extrems com les DANES. En particular, l'augment de la temperatura durant l'hivern està relacionat amb la inducció floral del cítrics, durant la primavera amb el quallat i la producció, i durant la tardor amb la maduració. La sequera pot afectar també a la producció.

Un dels problemes principals que pot presentar el cultiu dels cítrics respecte al canvi climàtic és que amb l'augment de les temperatures no s'assoleixen els requeriments de fred necessaris per a que es produeixi la inducció floral, i que per tant tots els cicles fenològics descrits anteriorment pateixen canvis transcendents. Els cítrics necessiten acumular com a mínim un mes i mig amb temperatures inferiors a 15°C per a realitzar la inducció floral (Agustí i col., 2023). A continuació, s'analitza el nombre de dies que la temperatura mitjana s'ha situat per baix de 15°C durant en període d'inducció floral i inici de la diferenciació floral (Octubre-Març) en les dos dècades que portem de segle XXI. També es presenten les dades mitjanes mensuals (des de gener de 2002, el primer en any en tindre dades climàtiques en l'estació SiAR de Gandia – Marxuquera, fins a desembre de 2023), per a poder concloure si aquest és un risc real o encara estem lluny d'eixe escenari.

Any	Tª mitjana (°C)	Tª màxima (°C)	Hores fred (h)	Precipitació (mm)
2002	17,26	36,43	522,0	1058,20
2003	17,30	39,69	723,0	1114,60
2004	17,03	38,27	692,5	1120,80
2005	16,11	37,82	1303,5	404,60
2006	17,23	39,96	799,0	588,60
2007	16,76	37,99	791,0	1238,20
2008	16,63	40,19	870,5	990,20
2009	17,23	39,40	784,0	579,48
2010	16,46	41,61	986,5	613,30
2011	17,33	40,09	813,5	276,48
2012	17,22	40,94	1108,0	401,91
2013	17,19	37,86	703,5	467,32

2014	18,14	39,99	460,5	282,04
2015	17,41	43,53	781,5	484,62
2016	17,70	40,92	499,0	559,66
2017	17,43	39,65	796,5	443,43
2018	17,57	39,01	629,0	958,17
2019	17,63	41,35	768,5	833,65
2020	17,78	40,08	559,5	554,18
2021	17,49	41,18	607,0	619,00
2022	18,28	41,61	660,5	776,82
2023	18,27	43,02	887,5	457,50
Mitjana 2002-2012	16,96	39,31	853,95	762,40
Mitjana 2013-2023	17,72	40,75	668,45	585,13
% d'increment	4,47	3,66	-21,72	-23,25

Taula 3 Dades meteorològiques 2002-2023 (Estació SiAR de Gandia – Marxuquera)

Si comparem les temperatures mitjanes de la primera dècada de segle (2002-2012) i de la segona (2013-2023), observem un increment del 4'47% en només 10 anys.

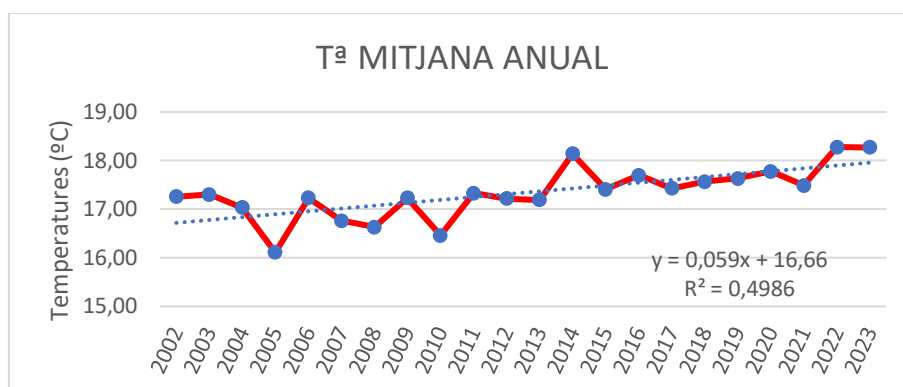


Fig. 7 Tendència de les temperatures mitjanes entre 2002 i 2023 (Estació SiAR Gandia – Marxuquera)

De manera similar, si comparem les temperatures màximes de les màximes, observem un increment del 3'66% entre les dos dècades.

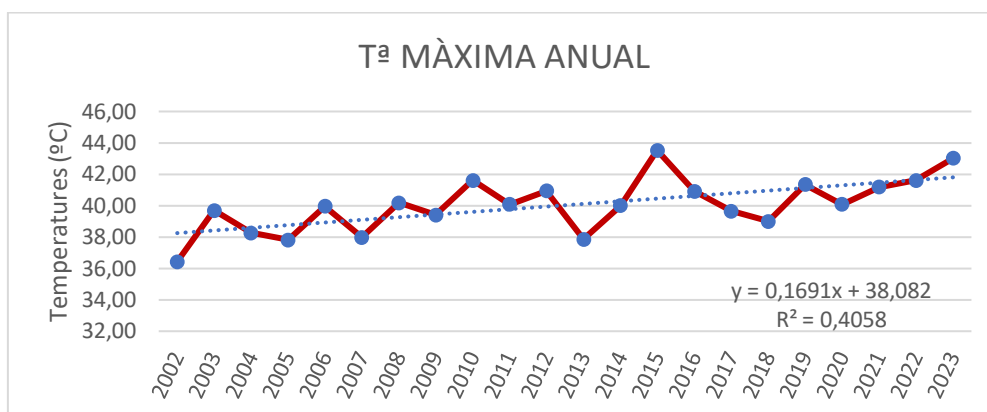


Fig. 8 Tendència de les temperatures màximes entre 2002 - 2023 (Estació SiAR Gandia – Marxuquera)

Per altra banda, cal destacar la disminució de les precipitacions i de les hores fred (hores per baix de 7,2°C). Les precipitacions totals han disminuït un 23'25% en la segona dècada, amb grans períodes de sequera que disminueixen considerablement el rendiment de molts cultius (Figura 9), mentre que les hores fred s'han vist disminuïdes un 21'72% (Figura 11). És d'interès també observar la mitjana mensual de les precipitacions, ja que l'estrès hídric, com hem indicat anteriorment, és un promotor de la inducció floral. Cal indicar que durant els mesos on es podria produir aquesta inducció floral per estrès hídric (juny, juliol i agost), el reg dels camps augmenta, fet pel qual es trenca l'estrès i no és habitual observar floracions en *C. sinensis* o *C. clementina* (cultius habituals valencians) a no ser que la parcel·la es trobe abandonada (Figura 10).

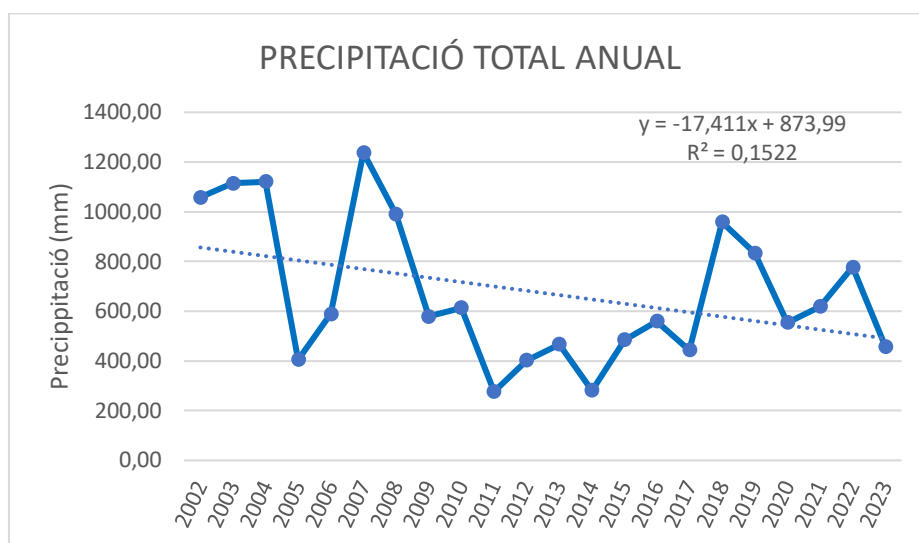


Fig. 9 Tendència de les precipitacions totals anuals entre 2002 - 2023 (Estació SiAR Gandia – Marxuquera)

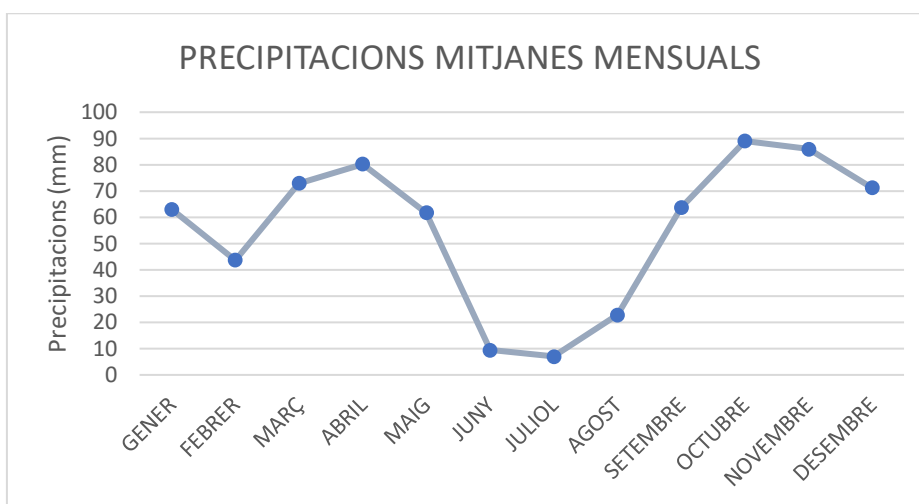


Fig. 10 Precipitacions mitjanes mensuals entre 2002 - 2023 (Estació SiAR Gandia – Marxuquera)

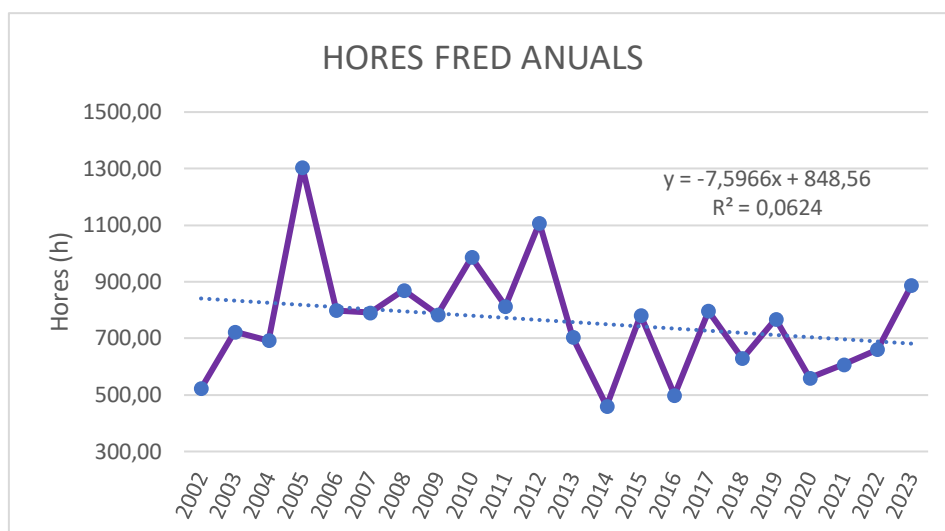


Fig. 11 Tendència de les HF entre 2002 - 2023 (Estació SiAR Gandia – Marxuquera)

Aquestes dades són útils per a donar-nos una visió global del que està ocorrent al nostre territori respecte al canvi climàtic, però per a poder respondre a la pregunta de si la inducció floral es troba en risc hem d'analitzar les dades dels períodes hivernals, concretament les temperatures mitjanes d'aquells mesos on les temperatures i el cicle fenològic permeten que es realitzi la inducció. Analitzant les temperatures diàries mitjanes d'octubre a març podem observar quina és la quantitat de dies on aquestes són inferiors a 15°C.

Any	Tª mitjana (°C)	Dies amb Tª mitjana < 15°C (oct-març)
HIVERN 02-03	11,8	122
HIVERN 03-04	11,6	110
HIVERN 04-05	9,2	117
HIVERN 05-06	9,5	127
HIVERN 06-07	11,8	108
HIVERN 07-08	10,3	144
HIVERN 08-09	9,8	148
HIVERN 09-10	12,0	109
HIVERN 10-11	10,5	143
HIVERN 11-12	10,5	131
HIVERN 12-13	12,0	124
HIVERN 13-14	11,9	127
HIVERN 14-15	11,1	121
HIVERN 15-16	12,6	116
HIVERN 16-17	11,4	131
HIVERN 17-18	10,9	123
HIVERN 18-19	11,4	136
HIVERN 19-20	12,9	107
HIVERN 20-21	12,2	123
HIVERN 21-22	11,3	137
HIVERN 22-23	11,9	103
HIVERN 23-24	13,8	100

Mitjana 2002-2012	10,82090909	125,7272727
Mitjana 2013-2023	11,95704545	120,3636364
% d'increment	10,49945392	-4,266088214

Taula 4 Tª mitjana hivernal 2002-2023 (Estació SiAR Gandia – Marxuquera)

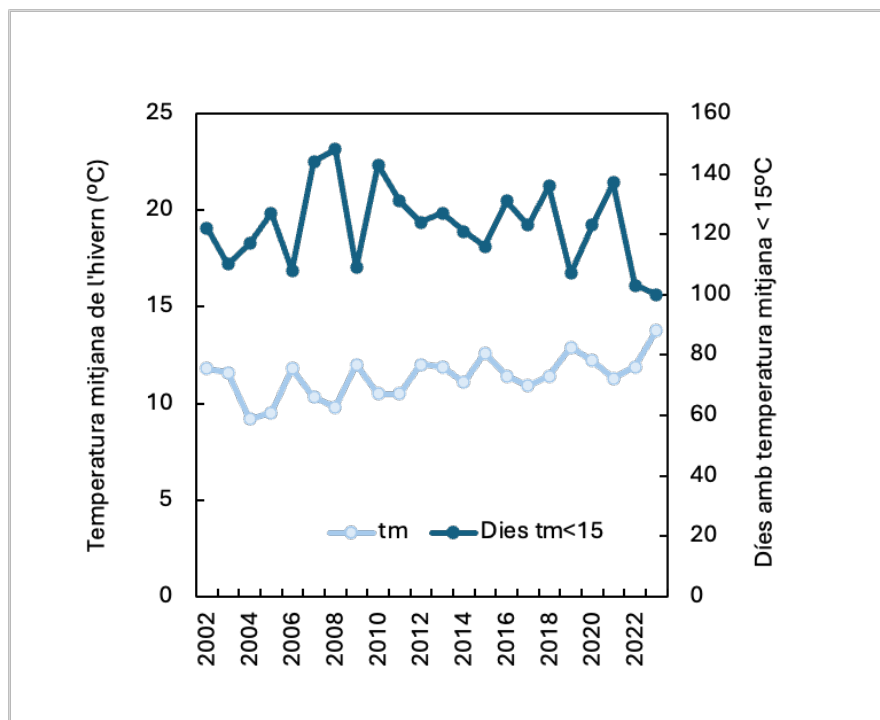


Fig. 12 Comparativa entre la temperatura mitjana hivernal i els dies on la temperatura mitjana és inferior a 15°C entre 2002 - 2023 (Estació SiAR Gandia – Marxuquera)

Com podem observar, les temperatures mitjanes han augmentat un 10'5% en la segona dècada de segle, de la mateixa manera que els dies amb temperatures mitjanes inferiors a 15°C han disminuït un 4'27%. No obstant això, si considerem que el límit d'inducció es trobaria en 45-60 dies a l'any, la quantitat de dies hauria de disminuir un 62'5% més, valor del qual encara ens trobem molt lluny. Aquest últim hivern de 2023-2024 ha sigut el que menys dies amb $T^a < 15^{\circ}\text{C}$ ha tingut de tot el segle, i encara així ens trobem en valors de més del doble de dies necessaris per a considerar un risc.

Així doncs, podem concloure que la inducció floral dels cítrics al nostre territori mediterrani no es troba en perill amb la tendència climàtica actual, encara que el canvi climàtic sí que estiga afectant a altres variables essencials per a l'agricultura com les temperatures mitjanes i màximes, les precipitacions o les hores fred.

En la Figura 13 es poden observar la quantitat de dies amb $T^a < 15^{\circ}\text{C}$ durant l'hivern de 2022-2023, quan s'ha produït la inducció floral dels cítrics on hem realitzat l'estudi fenològic. Els dies amb $T^a < 15^{\circ}\text{C}$ són superiors als dies amb $T^a > 15^{\circ}\text{C}$, i la temperatura mitjana hivernal es troba també per baix dels 15°C:

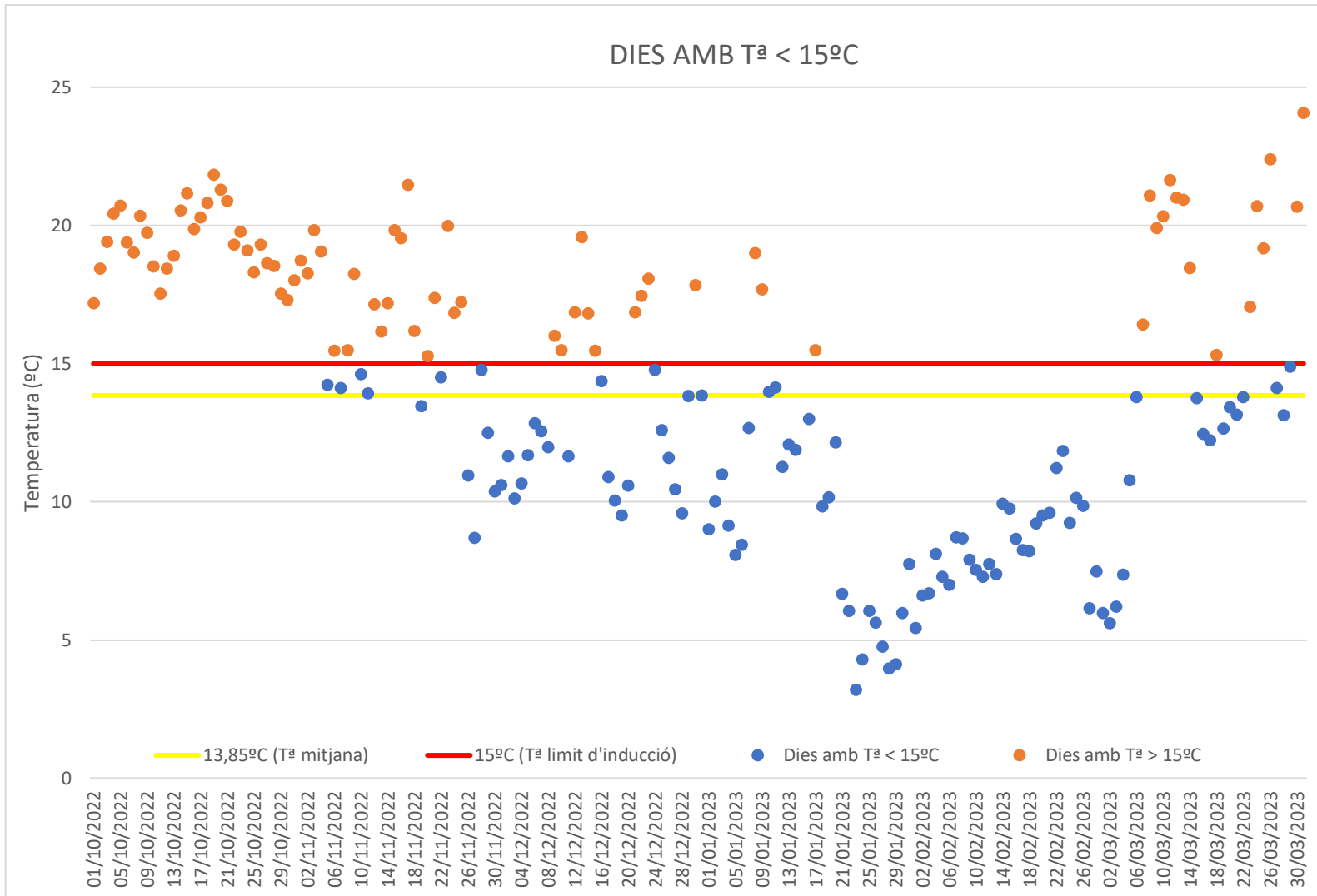


Fig. 13 Dies amb Tª < 15ºC en l'hivern de 2022-2023 (Estació SiAR Gandia – Marxuquera)

2.3 Cultiu de *Microcitrus australasica* en càmeres climàtiques

Una vegada hem conclòs que la inducció floral dels cítrics no es troba en risc amb l'actual clima mediterrani valencià, podem definir el nostre projecte com una oportunitat per a cultivar cítrics fora de temporada i així aprofitar un nínxol de mercat que ens proporciona la cada vegada més popular gastronomia *gourmet*.

En aquest projecte es va a construir una nau on s'establiran cinc càmeres climàtiques *ARALAB Fitoclima "Walk In" PL/PLH 12.000*, on es realitzarà el cultiu de *Microcitrus australasica*, a mode d'exemple, per a induir floracions extemporànies.

En les càmeres podem diferenciar dos etapes, una de fred i altra de calor suau. En l'etapa freda es produirà la inducció floral. Les plantes han de trobar-se a temperatures inferiors a 15°C per a que la inducció es done a terme, per tant, les càmeres presentaran condicions hivernals, a 15/5°C (dia/nit) i un fotoperíode curt. Una vegada s'ha produït la inducció floral, es modificaran les condicions climàtiques per a mantindre 25°C i un fotoperíode llarg que permeti la brotada, floració i el posterior desenvolupament dels fruits.

Disposar d'aquestes càmeres on podem modificar les condicions climàtiques al nostre plaer ens permet cultivar el caviar durant èpoques on no seria viable el cultiu en condicions de camp. D'esta manera tenim l'oportunitat de poder obtindre fins a tres cicles de cultiu en un any, maximitzant d'aquesta manera el benefici econòmic.

Si plantarem *M. australasica* en camp, atenent-nos a unes condicions de cultius determinades pel clima, obtindríem la collita a la tardor, en el mes de setembre aproximadament. Als itineraris de cultiu que es seguiran cada any, evitarem sempre fer coincidir la nostra collita amb aquesta època per poder oferir al mercat el nostre producte quan altres competidors no poden, tenint així una posició superior per a poder establir un preu més alt.

Els nostres cicles de cultiu seran de 8 mesos, de la següent manera:

- 3 mesos a 15/5°C i fotoperíode curt per a produir la inducció floral.
- 5 mesos a 25°C i fotoperíode llarg per a produir la brotada, floració i desenvolupament dels fruits.

Utilitzarem les cinc càmeres climàtiques en dos grups de funcionament, és a dir, les càmeres 1,2 i 3 faran el mateix cicle i les càmeres 4 i 5 altre diferent. Cada any els cicles començaran i acabaran en dates diferents degut a la seua conseqüència. A continuació podem observar un exemple de pla de cultiu per als dos primers anys:

GRUP A: CÀMERES 1, 2 i 3

- Cicle 1: 1 de maig 2025 – 1 de gener **2026**
- Cicle 2: 1 de març 2026 – 1 de novembre **2026**. Evitem començar en gener per a no coincidir amb el cicle de temporada dels altres productors.
- Cicle 3: 15 de novembre 2026 - 15 de juliol 2027.

GRUP B: CÀMERES 4 i 5

- Cicle 1: 1 de març 2025– 1 de novembre 2025.
- Cicle 2: 15 de novembre 2025 - 15 de juliol **2026**.
- Cicle 3: 1 d'agost 2026 – 1 d'abril 2027.

D'aquesta manera, en l'any 2026 hem pogut obtenir 3 cicles fora de temporada. Anirem seguint aquest model consegüentment.

Les càmeres climàtiques presenten les següents dimensions:

● ● ● ● FITOCLIMA 12.000		
EXTERNAL DIMENSIONS (HxWxD) (mm)		2.610 x 2.225 x 4.360 (4.900 with open door)
INTERNAL DIMENSIONS (HxWxD) (mm)		2.040 x 2.010 x 3.210

Fig. 14 Dimensions de les càmeres climàtiques ARALAB Fitoclíma "Walk In" PL/PLH 12.000. Extracció del catàleg d'especificacions tècniques.

Les plantes es trobaran en macetes de 17 cm de diàmetre, ja que *M. australasica* es una espècie de poca envergadura que no necessita molt espai per al seu correcte desenvolupament. Considerem plantes d'un metre d'altura que podran produir uns 15 fruits. Així doncs, podrem establir dins de cada càmera fins a 200 plantes de la següent manera:

- Considerem l'espai interior per que càpiga una persona al centre en 0,72 m.
- A cada costat quedaran 0,645 m.
- A cada costat podrem establir 2 x 17 i 1 x 16 files de plantes. Podriem fer les tres files amb 17 plantes però així permetem més envergadura.
- L'altura de la càmera permet 2 pisos de plantes.

TOTAL = 200 PLANTES PER CÀMERA

GRUP A AMB 3 CÀMERES PER CICLE = 600 PLANTES PER CICLE

GRUP B AMB 2 CÀMERES PER CICLE = 400 PLANTES PER CICLE

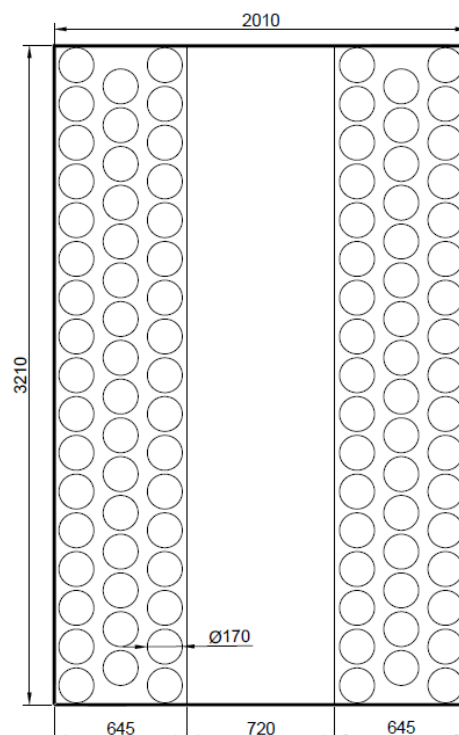


Fig. 15 Distribució d'un dels dos pisos de plantes de l'interior de la càmera. Unitats en mm

2.4 Disseny

A continuació s'exposa una síntesi del disseny del projecte i dels materials utilitzats, així com les normatives seguides. Tot el procés de disseny i els càlculs corresponents es poden observar als respectius annexos i plànols.

2.4.1 Construcció d'una nau d'estructura metàl·lica

Per a la construcció de la nau d'estructura metàl·lica s'ha seguit el *Codi Tècnic d'Edificació*, concretament els següents documents bàsics:

- *DB-SE: Document Bàsic de Seguretat Estructural*
- *DB-SE-AE: Document Bàsic de Seguretat Estructural. Accions en la Edificació*
- *DB-SE-A: Document Bàsic de Seguretat Estructural. Acer*
- *DB-SE-C: Document Bàsic de Seguretat Estructural. Cimentacions*

Altra normativa seguida es la *Norma EHE-08: Instrucció de formigó estructural*.

La nau dissenyada presenta les següents dimensions:

- Superfície: 120 m²
 - o Amplària: 12 m
 - o Longitud: 10 m
- Altura al punt més alt de la coberta: 7 m
- Altura interior: 5 m .

Al seu interior trobem tres locals diferenciats:

- Zona d'experimentació: estància principal de la nau on s'establiran les càmeres climàtiques.
 - o Superfície: 84 m²
- Bany: per a l'ús públic dels treballadors i resta de possibles usuaris. S'estableixen dos vàters amb cisterna i dos rentamans.
 - o Superfície: 9 m²
- Vestíbul: entrada de la nau, amb diferents comoditats per als usuaris.
 - o Superfície: 9 m²

MATERIALS

Materials estructurals:

- Acer d'edificació (certxa, pilars i corretges): tipus S275JR.
- Cimentació:
 - o Formigó tipus HA-25 per a cimentacions, soleres i forjats.
 - o Acer corrugat B400S

Corretges:

- Corretges de Perfil IPE – 140, amb una separació de 6 m entre elles.

Certxa de l'estructura principal:

La certxa és una estructura triangulada metàl·lica, formada per dos perfils diferents en funció dels esforços als quals està sotmesa.

- Perfil 1: cordó inferior i superior i montants finals
Perfil Tub Quadrat Buit #60x4
- Perfil 2: diagonals i montants interiors
Perfil Tub Quadrat Buit #60x3

Pilars de l'estructura principal:

- Perfil HEB – 240

Mur hastial:

El mur hastial mantindrà la mateixa estructura que la estructura principal, per si en futur es presenta la possibilitat d'ampliar la nau. Per tant, s'utilitzarà la mateixa celosia i els mateixos pilars als dos extrems. El pilar central sí que serà diferent al estar sotmès a diferents forces, igual que el dintel.

- Pilar central: Perfil HEB – 240
- Dintel: Perfil HEB – 200

Zapates:

En la contrucció podem diferenciar dos zapates diferents, aquelles destinades a l'estructura principal i els pilars laterals del mur hastial i altres per als pilars centrals del mur hastial.

- Zapates estructura principal i pilars laterals del mur hastial:
 - o Dimensions (m): 3 x 2 x 1
 - o Secció del enano (m): 0,5 x 0,5
 - o Armadura: #12 mm a 19 cm x 12 cm
- Zapates pilars centrals del mur hastial:
 - o Dimensions (m): 3 x 2,5 x 1
 - o Secció del enano (m): 0,5 x 0,5
 - o Armadura: #12 mm a 22 cm x 11 cm

2.4.2 Instal·lació electrotècnica

La instal·lació electrotècnica ha de garantir el correcte subministrament elèctric de les càmeres climàtiques, així com a la resta d'elements de la nau com les lluminàries o altres receptors ocasionals.

Les lluminàries han de complir la *Norma Europea UNE-EN 12464-1: Il·luminació. Il·luminació dels llocs de treball. Part I: Llocs de treball en interiors*, la qual estableix la luminància mitjana (en luxes) que s'ha de garantir a partir de la funció que es va a desenvolupar en el local.

La eficiència energètica de les lluminàries ha d'estar per baix d'uns valors límits establerts pel *Codi Tècnic de l'Edificació, Secció HE-3 del document bàsic DB-HE "Estalvi d'Energia"*.

El *Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió* estableix en les seues instruccions les normatives que han de complir diversos elements de la xarxa elèctrica. A continuació es nomenen les instruccions d'aquest reglament que compleixen els respectius elements de la instal·lació:

- Secció dels conductors:
 - *ITC-BT-07: Xarxes subterrànies per a distribució en Baixa Tensió*
 - *ITC-BT-19: Instal·lacions interiors o receptores. Prescripcions generals*
 - *ITC-BT-44: Instal·lació de receptors. Receptors per a enllumenat*
- Connexió a terra:
 - *ITC-BT-18: Guia tècnica d'aplicació de proteccions. Instal·lacions de connexió a terra*
- Canalitzacions i tubs protectors:
 - *ITC-BT-21 Instal·lacions interiors o receptores. Tubos i canals protectors*

MATERIALS

Lluminàries:

La il·luminació dels tres diferents locals de la nau (vestíbul, bany i zona de producció) es realitza amb les mateixes lluminàries LED **Philips True Force 35 W**. S'estableixen de la següent manera:

- Zona de producció: 16 lluminàries
- Vestíbul: 3 lluminàries
- Bany: 3 lluminàries

Preses de corrent:

Les preses de corrent que s'establiran a la nau seran de dos tipus diferents en funció del seu objectiu d'alimentació.

- 5 tomes de corrent trifàsiques en la zona de producció per a la utilització de les cinc càmeres climàtiques.
- 8 preses de corrent monofàsiques per a qualsevol tipus de receptor portàtil.

Transformador:

El transformador a instal·lar ha de complir que la seua tensió d'entrada en Mitjana Tensió i la seua tensió d'eixida en Baixa Tensió siguen les adequades a la instal·lació elèctrica, així com garantir que es proporciona la potència necessària per a alimentar a tota la xarxa.

Les característiques del transformador a instal·lar són:

- Tensions d'entrada:
 - Nominal: 20.000 V
 - Més elevada: 24.000 V
- Tensions d'eixida:
 - Entre fases: 400 V
 - Entre fase i neutre: 230 V
- Potència nominal: 100 kVA

Quadres de distribució i línies elèctriques:

El quadre de distribució general i els secundaris s'estableixen junts en el vestíbul de la nau, de manera que es troben a l'espai més proper al transformador i a l'entrada del edifici per a facilitar les tasques de manteniment i revisió. Podem definir per tant tres quadres de distribució:

- QUADRE GENERAL DE DISTRIBUCIÓ (QGD)
- QUADRE SECUNDARI DE LLUMINÀRIES (QSL)
- QUADRE SECUNDARI D'ENDOLLS (QSE)

Dels quadres de distribució eixiran i arribaran les línies elèctriques que alimentaran tota la instal·lació. En la *Taula 5* es poden observar les característiques principals de cadascuna de les línies, les quals es troben completament detallades a l'*Annex IV "Instal·lació electrotècnica"*:

Línia	Origen	Tipus	Instal·lació	Aïllament	Cable	Secció (mm ²)	Secció mínima dels conductors de protecció (mm ²)
CT-QGD	CT	Trifàsica	Soterrat baix tub	PVC	Unipolar	50	25
QGD-QSL	QGD	Trifàsica	Safata perforada	PVC	Tetrapolar	4	4
QGD-QSE	QGD	Trifàsica	Safata perforada	PVC	Tetrapolar	95	47,5
QSL-L1	QSL	Monofàsica	Safata perforada i tub	PVC	Unipolar	4	4
QSL-L2	QSL	Monofàsica	Safata perforada i tub	PVC	Unipolar	4	4
QSL-L3	QSL	Monofàsica	Safata perforada i tub	PVC	Unipolar	4	4
QSL-L4	QSL	Monofàsica	Safata perforada i tub	PVC	Unipolar	4	4
QSL-L5	QSL	Monofàsica	Safata perforada i tub	PVC	Unipolar	4	4
QSE-LM1	QSE	Monofàsica	Safata perforada i tub	PVC	Bipolar	6	6
QSE-LM2	QSE	Monofàsica	Safata perforada i tub	PVC	Bipolar	35	16
QSE-LT1	QSE	Trifàsica	Safata perforada i tub	PVC	Tetrapolar	16	16
QSE-LT2	QSE	Trifàsica	Safata perforada i tub	PVC	Tetrapolar	25	16

Taula 5 Característiques de les línies elèctriques de la nau

Connexió a terra:

Per a protegir tota la instal·lació, s'establirà una connexió a terra que servirà de sistema de protecció front a contactes indirectes. Aquesta connexió permetrà la instal·lació d'interruptors diferencials.

La presa de terra consistirà en un elèctrode format per una **barra de coure vertical soterrada de 14 mm de diàmetre i 0,5 m de longitud**. L'elèctrode ha de permetre l'evacuació a terra de les corrents de defecte produïdes de manera que la màxima diferència de potencial entre qualsevol massa metàl·lica susceptible i la terra siga de 24 V. La sensibilitat mínima dels diferencials a instal·lar serà de 30 mA.

S'instal·larà en la mateixa àrea que els quadres elèctrics un born de connexió a terra a l'interior d'una arqueta accessible, on es connectaran els conductors de protecció amb el conductor de terra. Serà desconnectable i amb la capacitat de poder mesurar la resistència de terra.

El conductor que uneix aquest born amb els elèctrodes de terra serà de coure no protegit contra la corrosió i de 25 mm² de secció nominal. Els conductors que uneixen les masses metàl·liques dels receptors, les canalitzacions i les envolupants amb el born seran cables unipolars de coure flexible amb aïllament de PVC i de color groc-verd. Les seccions mínimes dels conductors de protecció venen establides en la instrucció, i es poden observar en la *Taula 5*.

Elements de protecció, control i maniobra:

Per a protegir la instal·lació i als operaris s'estableixen una sèrie d'elements protectors, així com altres de mesura i control.

- Canalitzacions i tubs protectors: com s'especifica en la *Taula 5* la línia CT-QGD es condueix a través d'un tub soterrat de PVC. La resta de línies canalitzades es disposen en safates perforades fins a les proximitats dels receptors, on es canalitzen mitjançant tubs protectors de PVC fins a la connexió amb el receptor. El diàmetre exterior dels tubs protectors depèn de la secció nominal dels conductors i del nombre de conductors al seu interior. A continuació s'especificuen els diàmetres dels tubs protectors de cadascuna de les línies:
 - CT-QGD: 110 mm
 - QSL-L1: 70 mm
 - QSL-L2, QSL-L3, QSL-L4, QSL-L5 i QSE-LM1: 20 mm
 - QSE-LM2: 50 mm
 - QSE-LT1 i QSE-LT2: 32 mm
- Seccionador: s'estableix un seccionador de **160 A** en el Quadre General de Distribució que permetrà desconnectar totalment tota la instal·lació tallant la corrent.
- Voltímetres: s'estableix un voltímetre en cada quadre de distribució per a poder mesurar en cada moment la diferència de potencial. Els tres voltímetres (QGD, QSL i QSE) presenten un **rang de mesura de 0-500 V**.
- Amperímetres: s'estableix un amperímetre en cada quadre de distribució per a poder mesurar en cada moment la intensitat. Els amperímetres del QGD i QSE presenten un **rang de mesura de 0-150 A**, mentre que el del QSL es de **0-50 A**.
- Interruptors automàtics magnetotèrmics: s'estableixen en cadascuna de les línies per a protegir front a sobrecàrregues i curtcircuits. Les característiques de cada interruptor seleccionat són:
 - CT-QGD i QGD-QSE: corba C, Calibre = 150 A, Poder de tall = 70 kA, Nombre de pols = 3
 - QGD-QSL, QSL-L1, QSL-L2, QSL-L3, QSL-L4 i QSL-L5: corba C, Calibre = 3 A, Poder de tall = 6 kA, Nombre de pols = 2
 - QSE-LM1: corba C, Calibre = 40 A, Poder de tall = 50 kA, Nombre de pols = 3

- QSE-LM2 i QSL-LT2: corba C, Calibre = 100 A, Poder de tall = 10 kA, Nombre de pols = 3
- QSE-LT1: corba C, Calibre = 63 A, Poder de tall = 10 kA, Nombre de pols = 3
- Interruptors diferencials: s'instal·len interruptors diferencials als quadres per a protegir les línies. Al QGD s'estableix un bloc diferencial acoblat a l'interruptor magnetotèrmic de **150 A de calibre i 500 mA de sensibilitat**, mentre que al QSL i QSE s'estableix un interruptor diferencial autònom de **6 i 150 A de calibre i 30 i 500 mA de sensibilitat** respectivament.
- Bateria de condensadors: amb la intenció d'eleva el factor de potència de la instal·lació, s'estableix una bateria de condensadors al QGD. D'aquesta elevem el $\cos\varphi = 0,85$ a $\cos\varphi = 0,95$. La potència de la bateria de condensadors es de **30 kVAR**.

2.4.3 Instal·lació de fontaneria

Per a la realització de la instal·lació de fontaneria s'ha seguit el *Codi Tècnic de l'Edificació, Secció HS-4 "Subministrament d'aigua"*.

La instal·lació estarà formada pels punts de consum i els ramals d'enllaç, i prové de la xarxa de distribució municipal de Palmera.

Els punts de consum seran dos rentamans, dos vàters amb cisterna i cinc càmeres climàtiques *ARALAB Fitoclima "Walk In" PL/PLH 12.000*.

MATERIALS

Els ramals d'enllaç seran conduccions de **polipropileno random (PP-R)** que compleixen la normativa UNE EN ISO 158474:2013.

El diàmetre nominal de les conduccions és de **16 mm** per a la majoria de trams, excepte el que ix de l'acometida i distribueix l'aigua a la resta de trams, que és de **20 mm**.

2.4.4 Xarxa de sanejament

Per a la instal·lació de la xarxa de sanejament s'ha seguit el *Codi Tècnic de l'Edificació, Secció HS-5 "Evacuació d'aigües"*.

En la xarxa de sanejament de la nau podem diferenciar els següents tipus d'aigües:

- Aigües pluvials.
- Aigües negres que provenen del bany.
- Aigües residuals que provenen de les càmeres climàtiques.

Els elements que les replegaran són:

- Canalons: repleguen l'aigua que cau sobre els faldons de la coberta.
- Baixants: conduccions verticals que transporten l'aigua de canalons i derivacions a la cota de la xarxa horitzontal. En la nostra instal·lació només hi ha baixants d'aigües pluvials.

- Col·lectors: conduccions de la xarxa horitzontal que repleguen les aigües pluvials i les negres, per a conduir-les a un punt d'evacuació.

Tots aquests elements seran de PVC.

- Arquetes intercalades en la xarxa horitzontal.

Les conduccions aniran sempre soterrades a una cota inferior que la xarxa d'aigua potable, i la seua pendent serà sempre no menor al 2%.

MATERIALS

Canalons:

S'estableixen dos canalons que, al tractar-se d'una nau simètrica, repleguen la mateixa quantitat d'aigua de la coberta. El seu diàmetre nominal es de **125 mm** per als dos.

Baixants:

De la mateixa manera que els canalons, s'estableixen dos baixants que, al tractar-se d'una nau simètrica, repleguen la mateixa quantitat d'aigua de la coberta. El seu diàmetre nominal es de **50 mm** per als dos.

Col·lectors:

- Col·lectors d'aigües pluvials: 4 col·lectors de diàmetre nominal **90 mm**.
- Col·lectors d'aigües residuals i negres: 17 col·lectors de diàmetre nominal **50 mm** i un de **63 mm**.
- Col·lector mixt: 1 col·lector de **110 mm**.

Arquetes:

- 11 arquetes de **40 x 40 cm**.
- 1 arqueta de **50 x 50 cm**, la qual rep les aigües de la xarxa pluvial i de la xarxa sanitària.

3. FACTIBILITAT E IMPACTE DEL PROJECTE. VALORACIÓ ECONÒMICA

3.1 Pla econòmic

L'objectiu de mercat d'aquest projecte es tracta, com s'ha explicat anteriorment, de la gastronomia *gourmet*. És una clientela d'elevada capacitat adquisitiva acostumada a pagar alts preus pels seus productes, i més encara si parlem de productes fora de temporada com és el cas del nostre caviar cítric. A més a més, el mercat del caviar cítric en Espanya es pràcticament inexistent, ja que la majoria s'obté a través d'importacions. Tots aquests factors van a permetre establir un preu que rendibilitze la explotació.

L'establiment de dos grups de funcionament de les càmeres, com està explicat al punt 2.3: "*Cultiu de Microcitrus australasica en càmeres climàtiques*", va a permetre obtenir benefici econòmic en diferents moments de l'any, evadint d'aquesta manera un gran problema de l'agricultura com és el obtindrà benefici en només el moment de la collita una vegada a l'any. Així millorem l'estabilitat econòmica del productor.

Una vegada hem considerat estos factors d'aprofitament, cal valorar quines seran les principals despeses de la explotació: la llum i l'aigua. En la *Taula 6* es presenta una aproximació d'aquestes despeses, considerant els requeriments de potència elèctrica i d'aigua establides en les especificacions tècniques de les càmeres climàtiques i que es poden consultar als respectius annexos d'aquest document, així com altres despeses de la nau:

	DESPESA		PREU		TOTAL MENSUAL (€)	TOTAL ANUAL (€)
LLUM	80,638	kWh	0,12	€/kW	6967,14	83605,64
AIGUA	1250,04	m ³ /mes	1,5	€/m ³	1875,06	22500,72
ALTRES	-		-		700	8400
			TOTAL		9542,20	114506,36

Taula 6 Estimació de les despeses del projecte

El preu de venda del caviar serà de **105 €/kg**, un preu elevat però raonable tenint en compte els factors exposats anteriorment. Aquest preu permetrà compensar les despeses i obtenir un bon marge de benefici aproximat, com es pot observar en la *Taula 7*:

GRUP	Nombre de càmeres	PLANTES	FRUITS PER PLANTA	g/fruit	kg totals	€/kg	GUANYS/CICLE (€)	CICLES/ANY	GUANYS/ANY (€)
A	3	600	20	45	540	105	56700	2	113400
B	2	400	20	45	360	105	37800	1	37800
								TOTAL	151200

	GUANYS (€)	DESPESES (€)	BENEFICI (€)
MES	12600	9542,20	3057,80
ANY	151200	114506,36	36693,64

Taula 7 Guanys, despeses i beneficis aproximats del projecte

3.2 Impacte, alternatives i propostes de futur

L'estudi fenològic realitzat, igual que ha obert la oportunitat per a realitzar un projecte amb el caviar cítric, també permet entendre el cicle d'altres espècies d'interès comercial, ja siga per al mercat *gourmet* com el nostre cas o com a condiment alimentari, producció de melmelades, extracció d'olis essencials, metabòlits secundaris, etc. És un estudi que per tant pot tindre un impacte positiu i profitós en l'economia i la societat valenciana i de tota Espanya, acostumada al cultiu i al consum de cítrics i que no tancarà la porta a aquests productes.

La utilització de les càmeres climàtiques, encara que presenten una elevada despesa de llum, és més rentable que si les plantes es trobaren en un únic espai obert amb un únic ambient tipus hivernacle. Les càmeres ens permeten establir els dos grups de funcionament que maximitzen i ens proporcionen benefici més d'una vegada a l'any, a més a més de disposar d'una tecnologia que ens permet decidir amb la màxima precisió les característiques de temperatura i fotoperíode. Si no disposarem de les càmeres, l'alternativa seria un únic ambient amb majors despeses de climatització i menys sostenible, ja que es tindria que controlar la temperatura i la llum d'un espai molt més gran. A més a més, si volguérem tindre més d'un ambient com en el cas de les càmeres, ens veuríem obligats a crear més cambres en la nau, fet que disminuiria el nombre de plantes, o a construir una nau més gran augmentant així les despeses generals.

Com a proposta una vegada l'empresa estiga establida, seria molt beneficiós utilitzar plaques fotovoltaïques per a obtindre la energia necessària. D'aquesta manera reduïm les despeses de llum augmentant el benefici a la mateixa vegada que reduïm l'impacte ambiental augmentant la sostenibilitat.

4. BIBLIOGRAFIA

- Agustí, M., Mesejo, C. & Reig, C. (2020). *Citricultura 3ª ed.* Ediciones Mundi-Prensa.
- Ancillo, G., & Medina, A. (2014). *Los cítricos.* Universitat de València.
- Chica, E. J., & Albrigo, L. G. (2013). Expression of flower promoting genes in sweet orange during floral inductive water deficits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 138(2), 88-94.
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Ahorro de Energía. Sección HE-3 [CTE DB-HE-3]. Real Decreto 450/2022, de 14 de junio (España)
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Salubridad. Sección HS-4 [CTE DB-HS-4]. Real Decreto 450/2022, de 14 de junio (España)
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Salubridad. Sección HS-5 [CTE DB-HS-5]. Real Decreto 450/2022, de 14 de junio (España)
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad Estructural [CTE DB-SE]. Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre (España)
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad Estructural. Acciones en la edificación [CTE DB-SE-AE]. Orden VIV/984/2009, de 15 de abril (España)
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad Estructural. Acero [CTE DB-SE-A]. Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre (España)
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad Estructural. Cimientos [CTE DB-SE-C]. Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre (España)
- Crescimanno, F. G., Pasquale, F. D., Germana, M. A., Ciampolini, F., & Cresti, M. (1988). Ultrastructural and physiological observations on the pollen of six lemon cultivars (C. limon (L.) Burm. f.).
- García-Luís, A., Kanduser, M., Santamarina, P., & Guardiola, J. L. (1992). Low temperature influence on flowering in Citrus. The separation of inductive and bud dormancy releasing effects. *Physiologia Plantarum*, 86(4), 648-652.
- Goldschmidt, E. E., & Sadka, A. (2021). Yield alternation: horticulture, physiology, molecular biology, and evolution. *Horticultural reviews*, 48, 363-418.
- Instrucción de Hormigón Estructural [EHE-08]. Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio (España)
- Luro, F., Curk, F., Froelicher, Y., & Ollitrault, P. (2017). Recent insights on Citrus diversity and phylogeny. *Agrumed. Archaeology and history of citrus fruit in the Mediterranean: acclimatization, diversifications, uses. Publications du Centre Jean Bérard, Naples*, 16-28.
- Muñoz-Fambuena, N., Mesejo, C., González-Mas, M. C., Iglesias, D. J., Primo-Millo, E., & Agustí, M. (2012). Gibberellic acid reduces flowering intensity in sweet orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] by repressing CiFT gene expression. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31, 529-536.

- Muñoz-Fambuena, N., Mesejo, C., González-Mas, M.C., Primo-Millo, E., Agustí, M., & Iglesias, D. J. (2011). Fruit regulates seasonal expression of flowering genes in alternate-bearing 'Moncada' mandarin. *Annals of Botany*, 108(3), 511-519.
- Muñoz-Fambuena, N., Nicolás-Almansa, M., Martínez-Fuentes, A., Reig, C., Iglesias, D. J., Primo-Millo, E., ... & Agustí, M. (2019). Genetic inhibition of flowering differs between juvenile and adult Citrus trees. *Annals of botany*, 123(3), 483-490.
- Nishikawa, F. (2013). Regulation of floral induction in citrus. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 82(4), 283-292.
- Nishikawa, F., Endo, T., Shimada, T., Fujii, H., Shimizu, T., Omura, M., & Ikoma, Y. (2007). Increased CiFT abundance in the stem correlates with floral induction by low temperature in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Journal Of Experimental Botany*, 58(14), 3915-3927. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm246>
- Norma UNE-EN 12464-1 *Luz e iluminación. Iluminación de los lugares de Trabajo. Parte 1: Lugares de Trabajo en interiores*. Asociación Española de Normalización, Madrid (2022)
- Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51 [ITC-BT]. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto (España)
- Wu, G. A., Terol, J., Ibanez, V., López-García, A., Pérez-Román, E., Borredá, C., ... & Talon, M. (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature*, 554(7692), 311-316.